

# ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD ZOOPLANCTÓNICA EN UN HUMEDAL URBANO ANDINO NEOTROPICAL POR UN PERIODO DE SIETE MESES.

Michael Julián Pérez Porras

TRABAJO DE GRADO

Presentado como último requisito para optar al título de

BIÓLOGO

Armando González Rengifo, *Dr. Rer. Nat*

Director

FACULTAD DE CIENCIAS

PROGRAMA DE BIOLOGÍA APLICADA

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

Bogotá, D.C.

2009

## AGRADECIMIENTOS

En primera instancia quisiera agradecer a mis padres y familiares, quienes han sido una compañía y un apoyo constante en las decisiones que he tomado. Sin su apoyo la ejecución de este trabajo de grado no habría sido posible.

A la Universidad Militar Nueva Granada por la financiación del proyecto Estado Trófico del Humedal Santa María del Lago, dirigido por el Dr. Raúl Hernando López Peralta; agradezco también a los miembros del laboratorio Johanna Medellín, Oscar Martínez y David Castañeda por su apoyo, enseñanza y su buena energía en el trabajo.

Agradezco también al Dr. Armando González Rengifo, quien asumió la dirección de esta investigación, quien de manera incondicional me brindó enseñanzas y colaboró con la ejecución de esta investigación.

Agradezco enormemente a Natalia Contreras, quien me acompañó en todo el proceso de esta investigación apoyándome y brindándome toda la ayuda posible, siempre de forma incondicional, gracias por estar a mi lado. A Edwin Gómez, Santiago Franco, Diego Riaño y Liliana Blanco por su incalculable ayuda en la fase de muestreo, ayuda que resultó fundamental para lograr culminar con la fase de campo. A Neyla Lopera, Nelson Aranguren y todos aquellos que me tendieron su mano y apoyo para finalizar esta tesis.

## CONTENIDO

RESUMEN.....	Página:8
1. INTRODUCCION.....	Página:10
2.OBJETIVOS.....	Página:12
3. MARCO TEORICO.....	Página:13
3.1 Humedales.....	Página:13
3.2 Características de la comunidad zooplanctónica.....	Página:17
3.3 Estructura de las comunidades zooplanctónicas en sistemas lenticos neotropicales .....	Página:27
3.4 Humedal Santa María del Lago.....	Página:29
4. METODOLOGIA.....	Página:32
4.1 Recolección de muestras .....	Página:32
4.2 Ubicación de las estaciones de muestreo .....	Página:33
4.3 Muestreo de la comunidad .....	Página:34
4.4 Determinación de composición y abundancia .....	Página:35
4.5 Análisis de la comunidad .....	Página:37
4.6 Bioindicación .....	Página:39
5. RESULTADOS .....	Página:40
5.1 Composición taxonómica .....	Página:40
5.2 Variación en la composición de la comunidad .....	Página:45
5.3 variación espacio-temporal de la abundancia y riqueza .....	Página:54
5.4 Variación y relación de diversidad, riqueza y equitatividad .....	Página:63
5.5 Análisis de similitud .....	Página:68
5.6 Bioindicación .....	Página:69
6. DISCUSION DE RESULTADOS .....	Página:72

7. CONSIDERACIONES FINALES.....	Página:95
8. CONCLUSIONES.....	Página:97
9. BIBLIOGRAFIA .....	Página:98
10 ANEXOS .....	Página:106

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en el cuerpo de agua del humedal. (Modificada de Google earth ®, acceso a imagen: Mayo 07 2009)..... Página: 30
- Figura 2. Abundancia relativa de los grupos estructurales de la comunidad zooplanctónica en el humedal y en las diferentes estaciones de muestreo..... Página: 47
- Figura 3. Abundancia relativa de los grupos constituyentes de la comunidad en los diferentes periodos de muestreo.....Página: 49
- Figura 4. Relación entre la abundancia total ( $\text{Ind}/\text{m}^3$ ) y la riqueza de especies por estación de muestreo y en todo el humedal..... Página:55
- Figura 5. Variación de la abundancia de los diferentes grupos estructurales de la comunidad zooplanctónica ( $\text{Ind}/\text{m}^3$ ) en cada estación de muestreo: A. Estación 1, B. Estación Estación 2, C. Estación 3, D. Estación 4..... Página:56
- Figura 6. Variación de la densidad ( $\text{Ind}/\text{m}^3$ ) de las especies con índices de constancia mayores al 50% en el humedal Santa María del Lago..... Página:59
- Figura 7. Relación entre los parámetros descriptores de Riqueza de especies, Equitatividad ( $J'$ ) y Diversidad ( $H'$ ). De arriba hacia abajo las estaciones 1, 2, 3 y 4.....Página:65
- Figura 8. Diversidad ( $H'$ ) de cada grupo constituyente de la comunidad en cada estación de muestreo, en el periodo de estudio octubre 2006- abril 2007.....Página:67
- Figura 9. Diagrama de Trellis, se muestran los valores de afinidad obtenidos y la coloración muestra cuales son las asociaciones más fuertes..... Página:68
- Figura 10. Dendrograma de afinidad entre las estaciones de muestreo (clasificación normal)..... Página:68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Promedios generales de las variables abióticas encontradas en el humedal Santa María del Lago durante el periodo Octubre 2006 – Abril 2007. Od: Oxígeno disuelto, DT: dureza total. (Modificado de López 2008).....Página:31

Tabla 2. Listado de organismos que componen la comunidad zooplanctónica en el humedal Santa María del Lago .....Página:41

Tabla 3. Abundancia, frecuencia e índice de constancia (IC) de los taxones encontrados en el humedal Santa María del Lago..... Página:52

Tabla 4. Indicación del estado trófico del humedal Santa María del Lago en el periodo octubre 2006 - abril 2007, estimado con base en la diversidad de la comunidad zooplanctónica, según Krupa (2006).....Página:69

Tabla 5. Indicación del estado trófico de las estaciones de muestreo, en el periodo octubre 2006 – abril 2007. Según Krupa (2006).....Página:70

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Abundancia relativa de cladóceros en el humedal Santa María del Lago, periodo octubre 2006 – abril 2007.....	Página:106
Anexo 2. Abundancia relativa de Protozoarios en el humedal Santa María del Lago, periodo octubre 2006 – abril 2007.....	Página:107
Anexo 3. Abundancia relativa de rotíferos en el humedal Santa Maria del Lago, periodo octubre 2006 – abril 2007. ....	Página:108
Anexo 4. Resultados del análisis de varianza no parametrico Kruskal – Wallis aplicado a las densidades de los diferentes grupos constituyentes, por estaciones (realizado con SPSS ®).....	Página:109
Anexo 5. Resultados del análisis de varianza no parametrico Kruskal – Wallis aplicado a las densidades de los grupos constituyentes, por mes (realizado con SPSS®).....	Página:110
Anexo 6. Relacion entre la abundancia total de individuos y de los diferentes grupos constituyentes con la precipitación.....	Página:111
Anexo 7. Comportamiento de algunas variables abioticas presentadas en el periodo de estudio. Modificadas de Lopez (2008).....	Página:112
Anexo 8. Valencias sapróbicas de las estaciones de muestreo, a partir de especies representantes indicadoras, según Sladececk (1983). A. E1, B. E2, C.E3, D. E4.....	Página:113
Anexo 9. Individuos por metro cubico (Ind/m <sup>3</sup> ) por estación de muestreo en los meses del año 2006.....	Página:114
Anexo 10. Registro fotográfico de algunas especies reportadas en este estudio, imágenes obtenidas por el autor.....	Página: 115

## RESUMEN

Santa María del Lago es un humedal de planicie localizado en Bogotá D.C. Colombia, ha sido afectado negativamente por la urbanización en su terreno y la contaminación debido a fuentes cruzadas del sistema de alcantarillado, que vierten sus aguas en diferentes puntos del cuerpo de agua del humedal.

En este trabajo se estudió la estructura de la comunidad zooplanctónica presente en el cuerpo de agua en el periodo Octubre 2006 – Abril 2007. Se realizaron arrastres mensuales en cuatro estaciones de muestreo: 1) entrada del parque, con carácter litoral, 2) norte del humedal, aguas abiertas 3) aguas abiertas con presencia de macrófitas sumergidas y emergentes, 4) zona destinada al crecimiento de macrófitas y sitio de posibles vertimientos. Se analizaron los cambios que se presentaron en la estructura de la comunidad a nivel espacial y temporal, además se estimó la calidad del agua empleando el sistema saprobio y un índice de estado trófico de aguas, basado en la diversidad de la comunidad zooplanctónica.

Un total de 34 taxones se reportaron en la extensión del cuerpo de agua del humedal, se registraron cinco especies de Cladóceros, una de Copépodo, nueve de protozoarios y diecinueve de rotíferos. La composición de la comunidad mostró un comportamiento diferente en las estaciones de muestreo. En general, la



comunidad zooplanctónica estuvo representada en mayor medida por cladóceros (34%) y rotíferos (32%), seguidos de un copépodo cyclopoideo (26%) y en menor medida por protozoarios (8%).

En una escala espacial las diferencias en composición de la comunidad se atribuyen a la forma del fondo del cuerpo de agua, las condiciones de vegetación y la acción del viento. En la estación destinada al crecimiento de macrófitas (E4) presentaron mayores niveles de diversidad y mayor riqueza de especies; mientras en las estaciones de aguas abiertas (E1, E2, E3) se observaron mayores niveles de densidad de organismos.

La presencia de diferentes especies de rotíferos evidencian una valencia Oligo –  $\beta$  mesosapróbica para el cuerpo de agua y la aplicación del índice de estado trófico con base a la diversidad de la comunidad mostró una tendencia del sistema a la eutrofia en casi toda la extensión de espejo de agua, la presencia constante a especies típicas de ambientes eutrofizados tales como *D. pulex*, *Mesocyclops sp*, *B. quadridentatus*, *T. patina* y *A. discoides* ayudan a confirmar tal sentencia.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los humedales son ecosistemas dinámicos, que se caracterizan por la disposición constante o temporal de agua en el tiempo. Son reconocidos por sus atributos, productos y funciones que pueden ser de tipo físico, químico, ecológico y social.

El distrito capital de la Bogotá abarca un marco ecosistémico de grandes proporciones desde los 2600 a los 3490 m.s.n.m. extendiéndose desde los páramos de Sumapáz hasta los valles aluviales del Río Bogotá. En los últimos 50 años Bogotá D.C. ha perdido un aproximado de 59000 ha de humedales, representando pérdidas invaluable para la ciudad, debido a la explotación de sus recurso, contaminación, relleno y urbanización. Debido a esto, los humedales en la ciudad se encuentran en condiciones de atención para la autoridad ambiental, la cual ha tomado medidas en el manejo de estos ecosistemas en la ciudad con el objetivo de su recuperación y restauración ecológica (DAMA, 2006)

El humedal Santa María del Lago ha sido intervenido oficialmente, es un sitio de alta afluencia de visitantes que presenta conexiones al alcantarillado cercano que aporta aguas residuales. A pesar de esto, no se ha visto impedido el desarrollo de la flora y fauna nativa o de paso (EAAB, sin fecha).

El escaso conocimiento en estudios sobre la comunidad zooplanctónica es reconocido por diferentes autores (Guevara *et al*, 2008., Jaramillo & Gaviria, 2003), quienes señalan que son mas frecuentes los estudios limnológicos en ríos, lagos o embalses, en donde se ha adelantado investigaciones sobre la calidad de aguas de estos cuerpos de agua y caracterización de la flora y fauna presente, entre otras aplicaciones de esos resultados, se puede distinguir el uso de las comunidades biológicas en la indicación de calidad de aguas, actividad que permite además generar propuestas de manejo en estos cuerpos de agua.

Este estudio profundizó en los aspectos limnológicos del humedal Santa María del Lago (Bogotá, Colombia) teniendo como base la variación en la estructura de la comunidad zooplanctónica a nivel espacial y temporal y su relación con algunas variables abióticas del humedal.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la estructura de la comunidad zooplanctónica presente en el humedal urbano andino tropical “Santa María del Lago”, por un periodo de siete meses.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar la variación temporal que presente la estructura de la comunidad zooplanctónica en el cuerpo de agua.
- Caracterizar la variación espacial que presente la estructura de la comunidad zooplanctónica en el humedal.
- Caracterizar la influencia de distintas variables abióticas del cuerpo de agua del humedal en la estructura de la comunidad a nivel espacio-temporal.
- Evaluar la calidad del agua del humedal mediante la aplicación de una bioindicación con especies presentes.

### 3. MARCO TEORICO.

#### 3.1 Contextualización de los humedales.

Existen muchas definiciones del término humedales que se relacionan con la variedad de hábitats costeros e interiores que comparten características como la fluctuación del nivel del agua, y la alta riqueza biológica asociada e incluso endémica. Entre estas distintas definiciones encontramos algunas basadas en criterios ecológicos y otras que denotan temas relacionados con su manejo.

Por ejemplo, los humedales han sido definidos por la “Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas”, más conocida como convención de Ramsar (1971) como: “extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces o saladas, incluidas las extensiones de agua marina, cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros”.

En Colombia, particularmente en el distrito capital, los humedales se han definido como “un ecosistema intermedio entre el medio acuático y terrestre con zonas

húmedas, semihúmedas y secas caracterizadas por la presencia de flora y fauna única de su tipo”. Definición que denota la importancia ecológica de los humedales (DAMA, 2006).

La importancia de los sistemas lenticos y en especial los humedales se ve reflejada en sus atributos, productos y funciones. Estas funciones son tanto físicas como químicas, bioecológicas y sociales. Entre las funciones físicas encontramos que debido a sus características edáficas los humedales actúan como purificadores de aguas dado que retienen sedimentos y metales pesados, también actúan como reguladores del ciclo hídrico superficial y de acuíferos, controladores de erosión y representan gran importancia en la estabilización microclimática (Acueducto de Bogotá, 2005, Instituto Von Humboldt, 1998). Entre las funciones químicas se puede resaltar que los humedales participan de forma importante en procesos como la regulación de ciclos de nutrientes y descomposición de biomasa. Se destacan las funciones bioecológicas de los humedales tales como la retención de dióxido de carbono, la productividad biológica y la estabilidad e integridad de ecosistemas. Por último sus funciones sociales se comprenden desde la apreciación cultural, sus sistemas productivos y socioculturales y el uso de los recursos Hidrobiológicos (Instituto Von Humboldt, 1998).

Desde una perspectiva de manejo, los humedales están conformados no solo por su cuerpo de agua sino por las áreas de transición, que son: la ronda hidráulica y

la zona de manejo y preservación ambiental. La ronda hidráulica se define como la franja paralela a la línea media del cauce alrededor de los cuerpos de agua, teniendo hasta 30 m de ancho a cada lado de los cauces. La ronda hidráulica se considera reserva forestal de protección ecológica debido a que tiene la función de amortiguar, dinamizar y proteger el equilibrio del humedal. La zona de manejo y preservación ambiental corresponde al terreno contiguo a la ronda hidráulica, ya sea este de propiedad pública o privada, que tiene como destino el mantenimiento, protección y preservación ecológica de los cuerpos y cursos de aguas (Acueducto de Bogotá, 2005).

Los ecosistemas humedales, propiamente un ecotono formado entre el medio acuático y terrestre que presenta una biota diversa ocupando los diversos medios y que en algunas ocasiones puede ser endémica. Son reconocidos por ser sitios de establecimiento de alta riqueza de especies de mamíferos, peces, reptiles, aves y flora, sumado a esto en el caso de las aves se consideran poblaciones residentes temporales o residentes permanentes. En Colombia se estima que más del 98% de las aves migratorias hacen uso residencial de los humedales, desde apenas varios días hasta meses (Castellanos, 2006). Así mismo, las condiciones que presentan los sistemas lenticos dan lugar al desarrollo de comunidades planctónicas en la masa de agua soportando una alta abundancia y riqueza de especies ícticas y de utilización como bioindicadores (Donato *et al*, 1996., Ramírez & Viña, 1998).

### 3.1.1 Humedales en Colombia.

Colombia es un país privilegiado en recursos naturales, entre ellos se destaca el recurso hídrico, ubicándose entre los cuatro países que a nivel mundial cuentan con una mayor disponibilidad de estos recursos en su territorio, es bañada por dos océanos y cuenta con agua dulce corriente y estancada (Castellanos, 2006).

El inicio del desarrollo de los estudios limnológicos en colombiana puede ubicarse a partir de los años setenta, representándose en estudios realizados para conocer la calidad del agua en embalses y ríos de la zona oriental del departamento de Antioquia y de zonas de alta montaña (Donato *et al*, 1996., Roldán, 1996). A pesar que no existe un inventario de humedales en el país, estudios realizados por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt han identificado 27 complejos de humedales a nivel general en el país, en donde se resalta la importancia numérica que presenta la región Caribe, donde se ha estimado se ubica el 27% de los complejos de humedales y donde se encuentran un 71% de los grandes humedales del país (Instituto Von Humboldt, 1998).

Según las características limnológicas, la posición altitudinal, las características climáticas, geográficas y biológicas, los sistemas acuáticos pueden ser clasificados en cuatro provincias geográficas, provincia de alta montaña o paramos, provincia andina, provincia de tierras bajas y provincia costera (Donato,



1991). En la región andina los ambientes acuáticos están representados por múltiples formas, presentando una alta variabilidad en sus características. Se pueden encontrar tres tipos de humedales según su ubicación altitudinal, los ambientes lacustres de páramo se encuentran ubicados a partir de los 3300 metros sobre el nivel del mar, los ambientes lacustres andinos y subandinos se encuentran ubicados entre los 1100 y 3300 m.s.n.m; mientras Los ambientes lacustres y palustres tropicales se encuentran entre los 10 y los 1000 m.s.n.m, siendo de alto uso fluvial (Donato, 1991). La región andina concentra la mayor población del país, generando problemas de uso y manejo en recursos naturales, especialmente del agua, de la que se benefician la mayoría los proyectos socioeconómicos (DAMA, 2006). En el territorio del distrito capital de la ciudad de Bogotá se encuentran tres tipos de humedales: los humedales de páramo, andinos y de planicie. Los humedales de las altas montañas andinas y de planicie, son ecosistemas vitales, tanto por los servicios ambientales que ofrecen tanto por su riqueza en biodiversidad y endemismos (DAMA, 2006).

### 3.2 Características de la comunidad zooplanctónica

El zooplancton, como se conoce a los microorganismos que flotan a la deriva en los cuerpos de agua se encuentra conformado sustancialmente por protozoos, rotíferos, y crustáceos como cladóceros y copépodos. Esta comunidad es de gran importancia ya que tiene la capacidad de ingerir de forma selectiva al fitoplancton y otras formas de plancton, siendo intermediarios entre el nivel autótrofo y el

heterótrofo de mayores tamaños, como el otros invertebrados y algunos peces, siendo sus dinámicas y relaciones algunas de las variables que regulan la estructura de la comunidad planctónica (Pennak, 1946). Al igual que el fitoplancton y los macroinvertebrados, la comunidad zooplanctónica presenta cualidades que han permitido realizar inferencias sobre el “estado de salud” de cuerpos de agua dulce alrededor del mundo, siendo menor su uso como bioindicadores en el trópico, en comparación con regiones templadas (Gonzalez & Garcia, 1984., Montient-art et al, 1998., Xu et al, 1999., Rogozin, 2000., Loughheed & Chow, 2002., Pecorari et al, 2006., Utz & Bohrer, 2008).

### 3.2.1. Principales grupos constituyentes de la comunidad zooplanctónica

#### 3.2.1.1. Protozoos

Son organismos unicelulares o coloniales, principalmente fitófagos, bacteriófagos, necrófagos o depredadores. Las amebas y los ciliados son los protozoarios mas frecuentes en el plancton, principalmente se alimentan de fitoplancton de pequeño tamaño y es frecuente observar diversas amebas testáceas que se caracterizan por la posesión de una teca o lórica; una envoltura separada de la célula, de naturaleza diversa que logra adherir fuertemente materiales extraños, minerales u orgánicos (Margalef, 1983., De Infante, 1988). La presencia de las tecas aumenta la probabilidad de sedimentación de las células; pero en compensación, también disminuye la probabilidad de que sean comidos por animales, además, las

amebas producen sustancias grasas o burbujas de gas, lo que permite la flotabilidad del organismo (Margalef, 1983).

Los cilióforos son organismos que obtienen su alimento por medio de cilios, no son compartimentalizados, pero tienen una forma estable gracias a la posesión de una corteza flexible de naturaleza fibrilar compleja. La mayor parte de los ciliados planctónicos son relativamente rígidos, globosos y de simetría aproximadamente radial, caso tal de los heliozoos, que se encuentran en el litoral pero también apareciendo en el plancton y es posible que algunas especies sean genuinamente planctónicas. (Margalef, 1983., De Infante 1988).

#### 3.2.1.2. Rotíferos

Los rotíferos constituyen un grupo de metazoos microscópicos (entre 50 – 200  $\mu\text{m}$ ), que tienen el cuerpo formado por un número de células fijo y relativamente pequeño, presentan una cobertura elástica de cutícula llamada lorica que forma placas rígidas en ciertas especies y en ciertas regiones de su cuerpo. Poseen un sistema vibrátil diversamente conformado y de función locomotora y filtradora en la parte anterior del cuerpo, característico de este grupo (Margalef, 1983., De Infante, 1988). En la región anterior del tubo digestivo se presenta un aparato masticador complejo con piezas rígidas, llamado mastax, cuya estructura tiene significado taxonómico y ecológico (Ruttner-Kolisko, 1974). El desarrollo de las diversas piezas masticadoras está relacionado con el hábito alimenticio de los individuos,

siendo genuinamente detritívoros, fitófagos, bacteriófagos y depredadores de otras especies del plancton. La parte posterior del cuerpo termina en un pie o cola postanal, terminando frecuentemente en forma de pinza con dedos y en otras ocasiones con espolones preapicales, que alojan comúnmente glándulas que producen una secreción adhesiva. (Ruttner-Kolisko, 1974., De Infante, 1988).

La forma y tamaño del cuerpo de los rotíferos pueden variar según las características ambientales en su entorno. Presentan una relación entre el tamaño y la temperatura, en donde a temperatura mas alta las dimensiones de todas y cada una de las células son menores (Margalef, 1983). En diversos géneros como *Noteus*, *Kellicotia*, *Keratella*, *Brachionus* la lorica presenta espinas, cuyo desarrollo esta ligado a la frecuencia de depredación a la que estén sometidas sus poblaciones. Los rotíferos presentan desarrollo directo y sus huevos son muy voluminosos. En algunos géneros la madre abandona los huevos, pero en muchos la madre los acarrea consigo en la base del pie hasta que nacen, en algunos casos los deja en un revestimiento gelatinoso y también los puede dejar pegados a otros organismos (Margalef, 1983). Los hijos salen del huevo con el número de células completo y mostrando las características del adulto, además, la vida de los rotíferos del plancton es de un par de semanas o menos (10-15 días), pudiendo prolongarse en contados casos hasta el mes (Ruttner-Kolisko, 1974).

### 3.2.1.3. Cladóceros

Los cladóceros se caracterizan por poseer un caparazón quitinoso que cubre y protege la cabeza y el cuerpo. Se distingue una región cefálica donde se encuentran órganos con funciones de locomoción y sensoriales. Su aparato bucal esta compuesto por un par de fuertes mandíbulas quitinosas, un par de maxilas y un par de maxilulas que ayudan a ubicar el alimento entre las maxilas y las mandíbulas. Tienen dos pares de antenas, las primeras son pequeñas y sensitivas. Las segundas antenas son bifurcadas y nadadoras, presentando sedas largas, rígidas y plumosas. Las segundas antenas van insertadas a los lados de la cabeza en las fornices, que recubren la inserción. Presentan un ano ubicado en el extremo o en el dorso del postabdomen. En la región dorsal se presenta el corazón y una cavidad que sirve como cámara incubadora (Margalef, 1983., De Infante, 1988).

En los cladóceros se manifiesta la influencia de la temperatura en la morfogénesis, produciendo individuos más pequeños a temperaturas más altas. En algunos casos este cambio genera una ciclomorfosis que consiste en crecimientos localizados en formas de yelmos cefálicos o jorobas, lo que permite modificar la flotabilidad de los individuos (Margalef, 1983). La duración de la vida de los cladóceros es de una a dos semanas, presentan desarrollo directo y su reproducción es partenogenética; cuando, bajo condiciones desfavorables se disminuye la producción de huevos partenogenéticos que no se fecundan

resultantes en machos haploides que fertilizan otros huevos partenogenéticos, resultando en una hembra diploide (Koch *et al*, 2009). La hembra produce un número variable de huevos, cuya producción depende de muchos factores, principalmente del alimento disponible, el tamaño y edad de la hembra (Margalef, 1983).

Se han descrito unas 500 especie de cladóceros de las que un número relativamente pequeño son planctónicas, Los dafinidos y los bosminidos constituyen una fracción muy importante del zooplancton lacustre. Entre los dafnidos podemos encontramos al genero *Daphnia*, que comprende los cladóceros cuantitativamente mas importantes en el zooplancton lacustre y los mas estudiados. También encontramos el genero *Ceriodaphnia*, que puebla principalmente las aguas de pequeño volumen o poco profundas. Entre las formas limnéticas y litorales los bosminidos son los cladóceros mas típicamente planctónicos (Margalef, 1983., De Infante, 1988).

#### 3.2.1.4. Copépodos

El cuerpo de los copépodos esta constituido por varias regiones que se pueden caracterizar por sus apéndices. Presentan cinco segmentos torácicos y abdominales, el primero de los cinco segmentos torácicos frecuentemente se encuentra fusionado a la región cefálica, constituyendo un cefalotórax. En la región cefálica se encuentran cinco pares de apéndices, las primeras antenas son

largas y sin ramificaciones, funcionan como órganos locomotores y sensoriales, mientras que las segundas antenas, que son mas cortas y tienen una función sensorial . Presentan un ojo único en el centro de la región frontal, así como también un ojo naupliar. El aparato alimentador de los copépodos esta comprendido por un par de mandíbulas, maxilas, maxilulas y maxilipedos (apéndices del primer segmento torácico). Tienen un par de patas natatorias semejantes a remos en cada segmento torácico (De Infante, 1988).

Su abdomen consta de de cinco segmentos, los dos primeros segmentos del abdomen suelen estar fusionados sobre todo en las hembras, constituyendo un segmento genital. El abdomen termina con una furca de dos ramas provista de sedas terminales, mas algunas sedas dorsales y en muchos casos sierras o peines (Margalef, 1983., De Infante, 1988).

Los individuos de los dos sexos difieren por numerosos caracteres y son aproximadamente del mismo tamaño. Destaca que los machos tienen modificadas las antenas y ordinariamente el quinto y a veces mas pares de patas. En los copépodos planctónicos la reproducción es sexuada. Los machos son de menor tamaño que las hembras y sus patas pueden presentar diferentes modificaciones para la sujeción de la hembra en la copula. Los huevos son llevados por la hembra a sus costados. Su desarrollo es indirecto pasando por siete etapas de desarrollo distinguidas, tales son nauplios, copepoditos y adultos (Margalef, 1983).

### 3.2.2. Alimentación

Los rotíferos y cladóceros comen indiscriminadamente comparados con los copépodos. Los cladóceros en comparación con los rotíferos son a su vez ligeramente más selectivos a pesar que retienen toda clase de material en forma de partículas incluyendo bacterias y detritos, estos organismos tienen una alta tasa de filtración y poca selectividad del alimento; mientras que la tasa de filtración es menos eficientemente y la captura del alimento es indiscriminada, siendo el tamaño de la partícula el factor determinante en este proceso. Los copépodos poseen un mecanismo de retención de alimento flexible a medida que atraviesan las diferentes etapas de desarrollo, esto es que tanto las formas juveniles y las especies de tallas pequeñas son siempre más micrófagos que los copépodos adultos, que son frecuentemente, depredadoras (Ruttner-Kolisko, 1974., Margalef, 1983., Williamson, 1986).

### 3.2.3. Desarrollo de las poblaciones

El desarrollo y fenotipo de las poblaciones zooplanctónica están muy influidas por las condiciones bajo las cuales se desarrollan, manifestando plasticidad de manera muy notable en su ciclomorfosis. En el caso de los copépodos de agua dulce el número y tamaño de los huevos esta relacionado con el tamaño de la hembra, el cual depende principalmente de la temperatura durante desarrollo (Margalef, 1983). La ciclomorfosis puede desarrollarse diferentemente según los grupos que la presenten, tal es el caso del cuerpo de los rotíferos, quienes



muestran diferencias principalmente en el tamaño de las células y la forma general del organismo; mientras en el caso de los cladóceros se presentan aumentos en la región cefálica. Estas condiciones de cicломorfosis también están sujetas a la interacción con otros organismos, tal es el caso de rotíferos (*Keratella* y *Brachionus*) que responden a la presencia de un depredador (*Asplanchna*) o cladóceros que al modificar su morfología evitan la depredación de algunos peces (Margalef, 1983).

Los copépodos forman poblaciones que contienen números comparables de individuos de los dos sexos, viven más tiempo (entre semanas y meses), disponen de más órganos sensibles a las ondas de presión y su capacidad locomotora es muy superior a la de otros zooplancteres, lo que conlleva a que presenten poblaciones mas esparcidas (Margalef, 1983)

#### 3.2.4. Diversidad y Demografía

La concentración del material en suspensión define la estrategia que tendrá más éxito en el zooplancton, considerado en conjunto. Material muy fino y pasivo favorece a los filtradores simples siempre que aquel alcance la densidad mínima. Organismos móviles y de mayor tamaño perturban el medio líquido, facilitando la persecución por macrófagos (Margalef, 1983). Aunque la diversidad no depende del numero de especies, sino mas bien de sus abundancias relativas, se puede esperar, que la diversidad de los grupos constituyentes del zooplancton sea

relativamente baja y, especialmente baja en las aguas mas eutróficas, presentando una fuerte dominancia de una o pocas especies (Conde *et al*, 2004).

Frecuentemente en poblaciones zooplanctónica densas o dispersas se encuentran de una a dos especies de copépodos, de una a tres especies de cladóceros y de tres a siete especies de rotíferos y cuando dos especies del mismo genero se presentan juntas, una es mas abundante que la otra en proporciones de hasta veinte veces mas que la otra (González, 1988., Pennak, 1957 y Margalef, 1983).

Bajo condiciones eutróficas los cuerpos de agua favorecen la presencia y persistencia de especies de tamaños pequeños, rotíferos y cladóceros principalmente; mientras a medida que hay menor disponibilidad de recursos la comunidad de copépodos domina preferencialmente. Debido a esto, la proyección descriptiva de la dinámica de los animales pertenecientes a las comunidades o poblaciones mixtas del zooplancton pueden ser utilizadas como indicadoras de características generales de los respectivos ecosistemas, (Margalef, 1983).

3.3. Estructura de las comunidades zooplanctónicas en sistemas lenticos neotropicales.

A pesar que es de gran importancia, el zooplancton ha sido muy poco estudiado en el país (Guevara *et al*, 2008., Jaramillo & Gaviria, 2003). Esta comunidad tiene

la capacidad de ingerir de forma selectiva al fitoplancton y otras formas de plancton, siendo esto una variable que regula la estructura de las comunidades de plancton. Además dentro del zooplancton se encuentran en estado larval algunos organismos de consumo humano tales como los estados larvales de los peces (Pennak, 1946., Ramírez & Viña 1998, Rodríguez, 2003., Marciales et al, 2008).

Para el caso del trópico, debido a los escasos de estudios sobre la comunidad zooplanctónica, se ha pensado que la diversidad que presentan este tipo de comunidades dulceacuícolas es menor que en zonas templadas. Sin embargo, reconociendo que el conocimiento de la sistemática y ecología de los grupos zooplanctónicos Rotífera, Cladóceros y Copépodos de Colombia se encuentra aun incompleto, se han reportado hasta la fecha noventa y ocho especies de rotíferos, cincuenta y tres especies de cladóceros y sesenta y nueve especies de copépodos (Gaviria & Aranguren, 2007., Guevara et al., 2008., Herrera & Guillot, 1999).

Para citar algunas investigaciones realizadas sobre la comunidad zooplanctónica en Colombia encontramos caso como el de El lago Santander, ubicado en el departamento de Antioquia en los 2125 m.s.n.m, que es un lago eutrófico en donde se ha encontrado que la comunidad zooplanctónica esta constituida por rotíferos, copépodos y cladóceros, siendo el grupo de los rotíferos el mas diverso al estar representado por cinco especies, seguido de los copépodos con dos

especies y cladóceros representada solamente por una sola especie (Jaramillo & Gaviria, 2003).

También, a altitudes más bajas como en el embalse de Betania, en el departamento de Huila, a los 560 m.s.n.m. se ha encontrado que los rotíferos son un grupo constante y frecuentemente diverso, siendo seguido de los cladóceros y copépodos. Se han reportado para el embalse 1 especie de copépodo, 3 de cladóceros y 19 especies de rotíferos (Herrera & Guillot, 1999). Así mismo, en el reservorio hidroeléctrico Prado (370 m.s.n.m.) se han reportado en la capa eufótica del cuerpo de agua 6 especies de rotíferos, cinco de cladóceros y una especie de copépodo; siendo los cladóceros los mas abundantes, condiciones que reflejan el alto nivel de eutrofia que presenta este reservorio, siendo un caso típico del estado trófico de estos cuerpos de agua en el país (Guevara et al., 2008).

En un estudio sobre el componente ecológico del humedal Tibanica, ubicado en la ciudad de Bogotá se ha encontrado que en la estructura trófica del humedal Tibanica predomina la vía detritica, la comunidad zooplanctónica es poco diversa, reportando 7 especies, 2 especie de rotíferos, 2 de cladóceros, 1 rizópodo, 1 coleóptero, y 1 una especie de copépodo. (Hernandez *et al*, sin fecha).

### 3.4. Humedal Santa María del Lago.

Se encuentra ubicado al noroccidente de la ciudad, pertenece a la cuenca del río Juan Amarillo o Salitre, en la actualidad el humedal se encuentra aislado del río Juan amarillo. El humedal Santa María del Lago conformaba una pequeña cuenca que tenía como función regular las crecientes de los cauces menores para luego hacer su aporte hídrico al río Juan Amarillo (Acueducto de Bogotá, 2005), tiene una extensión de 10,20 hectáreas presentando un espejo de agua de 5,64 ha, esta extensión de lamina de agua expuesta corresponde al 55% de la extensión total del humedal. Limita al norte con el Centro de Estudios del Niño y el conjunto residencial de San Francisco; hacia el este con las carreras 74 y 73 a y el conjunto residencial Sago, Limita por el oeste con la carrera 76 y por el sur con la calle 75 (DAMA,2006). En la actualidad esta interconectado por drenajes subterráneos con la parte superior del sistema Juan Amarillo, es alimentado principalmente por aguas lluvias y por puntos de ingreso de aguas negras provenientes del alcantarillado en la Carrera 76 con Calle 77 A, Carrera 76 con Calle 75, 75 con Carrera 74. Se cuenta como soporte hídrico el aporte de la escorrentía, la precipitación y los puntos de entrada de agua de alcantarillado (Acueducto de Bogotá, 2005).

El cuerpo de agua presenta niveles altos de fosforo (2,3 mg/l) y nitrógeno (48,25 y 19,5 mg/l), tales incrementos de concentración de nutrientes en el cuerpo de agua

del humedal llega a provocar el incremento excesivo de macrófitas lo que limita la penetración de la luz y a su vez, la proliferación de fitoplancton (DAMA, 2000b). Las aves son el grupo taxonómico de mayor presencia en el humedal, junto a los grupos de insectos acuáticos presentes (DAMA, 2000).

Este humedal se encuentra protegido por las autoridades competentes de la nación mediante la resolución 0157 del 2004, según la cual se busca implementar planes de manejo a los humedales, dando la posibilidad de implementar políticas administrativas a partir de la mejora que presenta este humedal. Así mismo el DAMA ha venido adelantando investigaciones en relación con la flora, fauna y limnología (DAMA, 2006). Entre estas investigaciones se destaca la realizada por López (2008), quien evaluó el estado trófico del humedal a partir de diferentes variables fisicoquímicas registradas en campo simultáneamente a los muestreos biológicos tanto del presente trabajo como el trabajo realizado por Blanco (2008).

Blanco (2008) analizó la composición de la comunidad fitoplanctónica para el periodo Abril 2006 - Septiembre 2007 y la relación entre esta y algunas variables abióticas, encontrando señales de mesotrofia a eutrofia en el cuerpo de agua. Además encontró variaciones en composición y diversidad de la comunidad según su ubicación en el lago. Además encontró que la precipitación estuvo relacionada de forma inversa con el nivel trófico del humedal, encontrándolo mas eutrófico en la época de menos lluvias y mesotrofico – eutrófico en época de lluvias.

Tanto López (2008) como Blanco (2008) señalan la importancia de la influencia del fenómeno niño moderado que se presentó entre el año 2007 y 2008 sobre el comportamiento de distintas variables limnológicas estudiadas, este fenómeno afecta el comportamiento de distintas variables climáticas, entre las cuales podemos encontrar a la temperatura del aire y la precipitación, presentándose una inestabilidad del tiempo climático a nivel regional y microclimático (Montealegre, 2001).

Tabla 1. Promedios generales de las variables abióticas encontradas en el humedal Santa María del Lago durante el periodo Octubre 2006 – Abril 2007. Od: Oxígeno disuelto, DT: dureza total. (Modificado de López, 2008).

Mes	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l)	Od (mg/l)	DT (mmol/l)	pH	Precipitación (mm)	Temperatura ambiente (°C)
Octubre	0	10	0,05	0,47	5,2	1,15	7,19	70,87	19
Noviembre	0,03	10	0,1	0,34	5,55	1,13	7	24,13	17
Diciembre	0,04	10	0,51	0,41	4,33	1,33	6,88	2,55	19
Enero	0,04	10	0,01	0,28	4,09	6,2	7,31	2,03	20
Febrero	0,03	10	0,14	0,41	3,83	1,28	7	8,13	21
Marzo	0,01	13,75	0,01	0,19	3,15	1,23	6,88	62,49	19
Abril	0,05	13,75	0,22	0,31	3,28	1,3	7,13	103,39	18

## 4. METODOLOGIA

Debido a que este trabajo hace parte de un proyecto a mayor escala llamado Estado Trófico del humedal Santa María del Lago, a cargo del Dr. Raúl López Peralta, en el que con base en el comportamiento de las variables abióticas conjunto con el de algunas variables bióticas en un periodo de un año, se espera establecer el estado trófico; se recolectó la información analizada por López (2008) sobre el comportamiento de algunas variables abióticas por con el fin de establecer las posibles relaciones que se encuentren entre diferentes parámetros de la comunidad zooplanctónica tal como la abundancia, riqueza, diversidad y algunas variables incluidas en su estudio.

### 4.1 Ubicación de las estaciones y muestreo de la comunidad.

Según la forma del lago y la disposición de la cobertura vegetal en el, se determinaron cuatro estaciones de muestreo con el fin de obtener muestras provenientes de sectores estratégicos teniendo en cuenta las zonas donde se encuentran afluentes con las que cuenta el lago y zonas de alto tráfico de



visitantes. Cada estación estaba constituida por un transepto de 50 metros de longitud. La estación numero uno tuvo una dirección aproximada de 35° al norte del occidente, esta estación es la mas cercana a la entrada principal del parque humedal, la estación numero dos se asumió en una dirección aproximada de 55° al sur del occidente, la estación numero tres tuvo una dirección aproximada de 35° al oriente del norte, la estación número cuatro se estableció en una dirección aproximada de 20° al norte del oriente (Ver figura 1), esta estación se ubico en un “sendero acuático” existente en una zona destinada al crecimiento de *Typha ennea*, además esta estación es la mas cercana al caño donde se supone se vierten aguas negras, lluvias, domesticas e industriales al cuerpo de agua del humedal (ver descripción del humedal).

Mensualmente, desde de octubre de 2006 hasta mayo de 2007 se realizaron arrastres superficiales entre las 09:00 y las 14:00 horas, a partir de cincuenta metros desde interior del cuerpo de agua hacia la orilla, utilizando una red cónica de 25 cm de boca y ojo de malla de 90  $\mu\text{m}$ , filtrando un total de 22 m<sup>3</sup> en cada estación de muestreo.

Las muestras obtenidas se fijaron en formaldehido al 4% en envases plásticos oscuros de 500 ml para su traslado al laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Militar Nueva Granada con sede en Cajicá, Cundinamarca, donde se almacenaron en nevera para su posterior análisis.

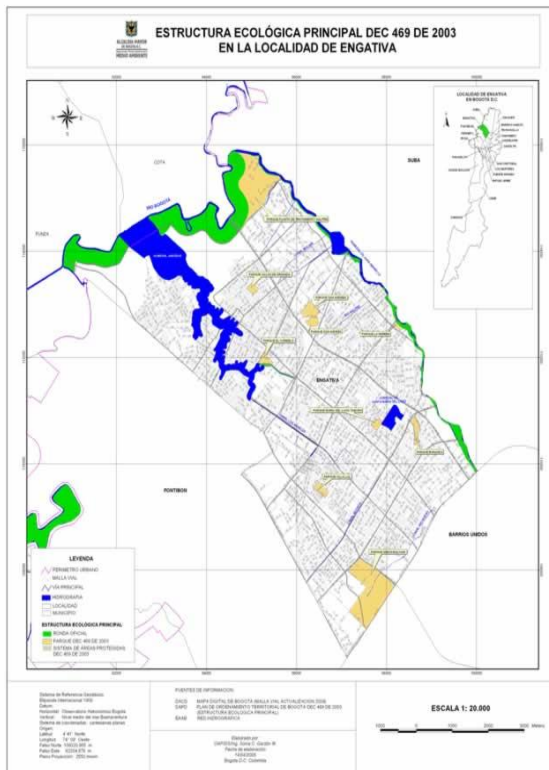


Figura no 1. Ubicación del humedal Santa María del Lago en la Ciudad de Bogotá, en la localidad Engativá y ubicación de las estaciones de muestreo. Imagen de la localidad tomada de: [http://observatorio.dama.gov.co/images/galeria/eep/pagina/eep\\_engativa.jpg](http://observatorio.dama.gov.co/images/galeria/eep/pagina/eep_engativa.jpg) y del humedal modificada de Google earth®, acceso a imagen: Mayo 07 2009.

#### 4.2. Determinación de Composición y abundancia

Cada muestra obtenida se dividió en partes iguales con ayuda de un divisor folsom, de estas divisiones se obtuvieron las alicuotas analizadas en este estudio además de otra submuestra que será analizada en futuras investigaciones. Debido a la alta cantidad de materia orgánica y a la alta densidad de individuos que dificultaba tanto la identificación como el conteo de los organismos se tamizó la muestra con un filtro de ojo de malla de 300 micras, obteniendo entonces un

filtrado (organismos menores a 300 micras) y un pellet que contenía macroinvertebrados y organismos zooplanctónicos mayores a 300 micras. Posteriormente al pellet resultante se le extrajeron los macroinvertebrados presentes dejando libre de estos al zooplancton mayor a este tamaño. Los organismos zooplanctónicos de ambos rangos de tamaño se observaron utilizando un microscopio óptico a 100 y 400 aumentos y una celda de conteo con un volumen de 1 ml para conocer tanto su abundancia como su identidad hasta el nivel genérico y específico, utilizando guías de identificación taxonómica de individuos planctónicos tales como: Hauer (1950), Ruttner-Kolisko (1974), Pennak (1978, en Ramírez, 1997), De Infante (1988), Martin & Davis (1991), Roldán (1996), Streble & Krauter (1987).

El volumen de agua filtrada por la red se determinó mediante la formula Clesceri, (1999):

$$V= \pi \times r^2 \times d$$

Donde:

r = radio de apertura de la red

d= distancia recorrida por la red en cada arrastre

La concentración de organismos zooplanctónicos se determinó empleando la formula propuesta en Clesceri, (1999):

$$\text{No./ml} = \frac{[C \times 1000 \text{ mm}^3]}{L \times D \times W \times S}$$

Donde:

C= número de organismos contados.

L = longitud de cada barrido

D= profundidad de la cámara Sedgwick-Rafter

W= amplitud de cada barrido

S= numero de barridos contados

Una vez conocido el número de organismos en mililitro, se determinó luego el número de organismos en un metro cubico, teniendo en cuenta la manipulación dada a cada muestra y el volumen filtrado por la red por medio de la siguiente formula (Clesceri L, 1999):

$$\text{No./m}^3 = (C \times V') / (V'' \times V''')$$

Donde:

C= número de organismos contados

V'= volumen de la muestra concentrada

V''= volumen contado (1ml)

V'''= volumen de la muestra observada

#### 4.3. Análisis de la comunidad.

La estructura de la comunidad se definió en términos de la composición, distribución y organización de la comunidad en un volumen, lugar y tiempo determinado, incluyendo las interrelaciones que se presentaron. Se encontró el índice de constancia de cada especie reportada, según indicaciones utilizadas en Vásquez & Rey, (1992, citado por Rodríguez, 2003), este índice de constancia refleja el porcentaje de muestras en que se presente alguna especie, teniendo una representatividad  $> 50\%$  en especies constantes,  $<25\%$  especies accesorias y  $<25\%$  especies accidentales. Se estimó la diversidad específica implementando el índice de información de Shannon y Weaver ( $H'$ ), siguiendo la formula propuesta por Margalef (1984), revisada por Daniel (1998), también se asumió el parámetro de riqueza como la totalidad de especies en un sitio y la equitatividad ( $J'$ ), expresada como:

$$J' = H'/H_{\max}$$

Donde:

$$H_{\max} = -S (1/S \log 1/S) = \log S$$

Siendo S el numero de especies en la comunidad.

La valoración de la diversidad se realizó de la siguiente forma:

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

Donde el valor de  $p_i = (n_i/N)$

Los resultados de estas tres variables se graficaron para mostrar la variación que tuvieron y la posible asociación a parámetros ambientales. Además, se evaluó la afinidad faunística presente entre las diferentes estaciones de muestreo en diferentes momentos mediante el índice de afinidad faunística de Sørensen (González, 2006). Se estimaron y graficaron los cambios temporales en la abundancia de la comunidad y de los grupos constituyentes a través del tiempo y en las diferentes estaciones de muestreo.

Para reconocer el grado de similitud entre las abundancias encontradas para la comunidad y para los diferentes componentes de la comunidad desde perspectiva temporal y espacial, se realizó el análisis de varianza no paramétrico Kruskal - Wallis, el cual compara la variación de los datos a partir de la media de 2 o más grupos no pareados que son clasificados y analizados (Mehotcheva, 2008).

#### 4.4. Bioindicación del estado trófico y calidad del agua.

Se implementó el índice de estado trófico propuesto por Andronikova (1989, en Krupa, 2006), basado en la relación existente entre la contaminación y la concentración de nutrientes con la diversidad específica de la comunidad zooplanctónica; además, como soporte a la información obtenida se clasificaron diferentes especies según su valencia saprobia (Sladeczek, 1998) y relaciones encontradas en obras como la de Berzins & Pejler, 1987, Gannon & Stenberg (1978), Pinto-Coelho et al (2005), Finlay & Esteban (1998) y Marnefe (1998).

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Composición taxonómica de la comunidad.

La comunidad zooplanctónica se encontró compuesta por 34 taxones, representando rotíferos, cladóceros, copépodos y protozoarios identificados y confirmados para la región de acuerdo con Barrabin, 2006., Mikrjukov, 2001., Adl *et al*, 2005, Martin, 2001., Streble & Krauter, 1987., De Infante, A. 1988., Berzins, 1960., Hauer, 1956. En la tabla 2 se registran los organismos identificados y las estaciones donde se encontraron.

En general los crustáceos se presentaron durante toda la temporada de estudio y en todas las estaciones de muestreo, siendo el grupo con mayor abundancia y constancia de toda la comunidad. Se encontraron tres familias de cladóceros (Daphnidae ,Moinidae y Chydoridae) que estuvieron representadas por cinco especies distribuidas en cuatro géneros, se encontró solo una especie copépodo



ciclopideo; los rotíferos y protozoarios también estuvieron presentes en todo el periodo de muestreo y en todas las estaciones, se presentaron veinte especies de rotíferos representando a ocho familias (Filinidae, Hexarthridae, Asplachnidae, Brachionidae, Lecanidae, Notommatidae, Synchaetidae, Phyllodinidae) y catorce géneros, correspondiendo al 15% de los géneros reportados para el neotrópico (Segers *et al*, 2004). Por su parte, los protozoarios estuvieron representados por siete familias (Colepidae., Vaginicolidae, Actinosphaeridae, Diffflugidae, Arcelliidae, Centropyxidae y Clathrulinidae) representadas en siete géneros presentando ocho especies.

Tabla no. 2. Listado de organismos que componen la comunidad zooplanctónica en el humedal Santa María del Lago

TAXA	Estación donde se presentó
Subfilum Crustacea	
Orden Cladóceras	
Familia Chydoridae	
<i>Alona sp.</i> (Baird 1843)	I, II, III, IV
Familia Daphniidae	
<i>Ceriodaphnia sp.</i> (Dana, 1853)	I, II, III, IV
<i>Ceriodaphnia sp2.</i> (Dana, 1853)	I, II, III, IV
<i>Daphnia pulex.</i> (Leydig, 1860)	I, II, III, IV

Familia Moinidae

*Moina* sp. (Baird, 1850) IV

Orden Cyclopodia

Familia Cyclopidae

*Mesocyclops* sp. (Sars, 1914) I, II, III, IV

Subfilum Ciliophora

Orden Peritrichida

Familia Vaginicolidae

*Thuricola* sp. (Kent, 1881 ) I, IV

Subfilum Phaeista

Orden Actinophryida

Familia Actinophryidae

*Actinosphaerum* sp. (Stein, 1857 ) IV

Subfilum Sarcodina

Orden Aconchulinida

Familia Euglyphidae

*Euglypha* sp. (Dujardin, 1841) I, IV

Orden Arcellinidae

Familia Diffflugidae

*Diffflugia* sp. (Leclerc, 1851) I, II, III, IV

Familia Arcellidae

*Arcella discoides* (Ehrenberg, 1853) I, II, III, IV

*Arcella gibbosa* (Penard, 1890 ) III, IV

*Arcella dentata* (Ehrenberg, 1832) IV

Familia Centropyxidae

*Centropixys aculeata* (Ehrenberg, 1838) II, III, IV

Orden Desmothoracida

Familia Clathrulinidae

*Clathrulina* sp. (Cienkowsky, 1867) II, III, IV

Phylum Rotifera

Orden Flosculariaceae

Familia Filinidae

*Filinia* sp. (St. Vincent, 1824) IV

*Testudinella pala* (Hermann, 1783) I, II, III, IV

Familia Hexarthridae

*Hexarthra* sp. (Schmarda, 1854 ) I

Orden Ploima

Familia Asplachnidae

*Asplachna* sp. (Reynolds, 1984) I, III, IV

Familia Brachionidae

<i>Trichotria sp.</i> (St. Vincent, 1827)	IV
<i>Lepadella sp.</i> (St. Vincent, 1826)	IV
<i>Brachionus quadridentatus</i> (Hermann, 1783)	I, II, III, IV
<i>Brachionus rubens</i> (Ehrenberg, 1838)	III, IV
<i>Brachionus sp.</i> (Pallas, 1766)	I
<i>Brachionus sp2.</i> (Pallas, 1766)	I, IV
<i>Colurella sp.</i> (St. Vincent, 1824)	III, IV

#### Familia Lecanidae

<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	II, III, IV
<i>Monostyla sp.</i> (Ehrenberg, 1930)	I, II, III, IV
<i>Monostyla sp2.</i> (Ehrenberg, 1930)	IV

#### Familia Notommatidae

<i>Cephalodella sp.</i> (St. Vincent, 1826)	IV
<i>Notommata sp.</i> (Ehrenberg, 1830)	I, III, IV

#### Familia Synchaetidae

<i>Polyarthra sp.</i> (Ehrenberg, 1834)	I, II, III, IV
---	----------------

#### Orden Philodinidae

#### Familia Phyllodinidae

<i>Rotaria sp.</i> (Scopoli, 1777)	I, II, III, IV
<i>Rotaria sp2.</i> (Scopoli, 1777)	I, II, III, IV

El número total de taxones registrados en las diferentes estaciones durante el periodo de estudio para el cuerpo de agua fue de 21 especies en la estación uno, 15 en la estación dos, 22 en la estación tres y 31 especies en la estación cuatro. De las 34 especies encontradas, se reporta solo una de copépodo cyclopoide, cinco especies de cladóceros (4 géneros), 8 especies de protistas (5 géneros) y veinte de rotíferos (14 géneros).

## 5.2. Variación de la composición de la comunidad.

Se registraron variaciones en la composición de la comunidad zooplanctónica presente en el humedal, dichas variaciones son de orden espacial y temporal. Se encontró una distribución de la abundancia total donde se ven favorecidas las especies de menores tamaños y de capacidad de filtración poco selectiva como cladóceros y rotíferos, quienes representan el 34% y 32% de la comunidad respectivamente.

*Mesocyclops sp.* fue el único representante de los copépodos encontrado en este estudio, este ciclopoide alcanzó altas densidades y se presentó en todas las estaciones y temporadas de muestreo, constituyendo el 26% de la abundancia de la comunidad, mientras los protozoarios constituyeron solo el 8% (ver figura 2).

La composición de la comunidad mostró un comportamiento diferente en las estaciones de muestreo. En la estación uno se favoreció la presencia de crustáceos, para esta zona se registraron altas abundancias de *Mesocyclops sp*, llegando a representar el 51% del total de la comunidad que se encuentra en dicha estación, seguido en importancia por los cladóceros que constituyeron el 30% de la comunidad y los rotíferos con 18%, los protozoarios en esta estación se presentaron de forma disminuida, lo que se reflejo en su abundancia relativa, apenas 1% (ver figura 2)

Las estaciones dos y tres fueron en general dominadas por individuos de tamaños menores y de hábitos alimenticios mas detritívoros y fitófagos, se observó una disminución en la abundancia de *Mesocyclops sp*, en la estación dos este copépodo alcanzo el 21% de la abundancia relativa y el 15% en la estación tres. Se evidenció un aumento de la abundancia de rotíferos y cladóceros, los últimos llegando a representar hasta el 59% de abundancia de la comunidad presente en la estación dos y el 47% de la comunidad en la estación tres. Por su parte, los rotíferos en la estación dos contribuyeron con un 19% de la abundancia de la comunidad, aumentando en importancia en la estación tres, en donde alcanzaron el 36% de representatividad en la comunidad. El aporte de los protozoarios a la abundancia de la comunidad fue escaso, constituyendo el 1% y el 2% de la abundancia total de la comunidad en tales estaciones (ver figura 2).

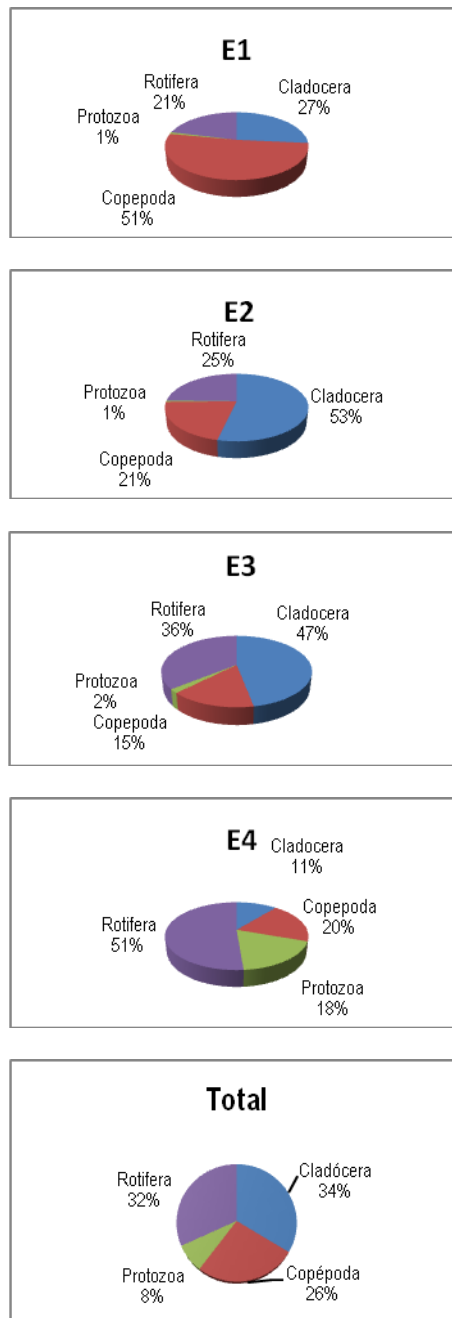


Figura 2. Abundancia relativa de los grupos estructurales de la comunidad zooplanctónica en el humedal y en las diferentes estaciones de muestreo.

En la estación cuatro se registraron treinta y una especies, cifra que corresponde al 91% del total de especies encontradas. En esta estación se encuentra una reducción en la abundancia de crustáceos de mayor tamaño, como lo son *Mesocyclops sp.* y *Daphnia sp.*, cladóceros que se presentaron a altas densidades y en general el principal constituyente de este grupo de branquiópodos. Las formas de tamaño pequeño y de particular hábitat alimenticio fueron numerosas. Los rotíferos en la estación cuatro se mostraron como el grupo más abundante, representando el 48% de la abundancia total; se reportó una abundancia relativa de 22% por parte de los protozoarios. En esta estación, a pesar que se encontró el mayor número de especies de cladóceros se redujo la abundancia de esta comunidad, lo que se reflejó en su valor de abundancia relativa 11%. *Mesocyclops sp.* se mostró de manera constante y su abundancia relativa también se vio reducida en comparación con las demás estaciones de muestreo, ya que se registró un 20% de abundancia relativa.



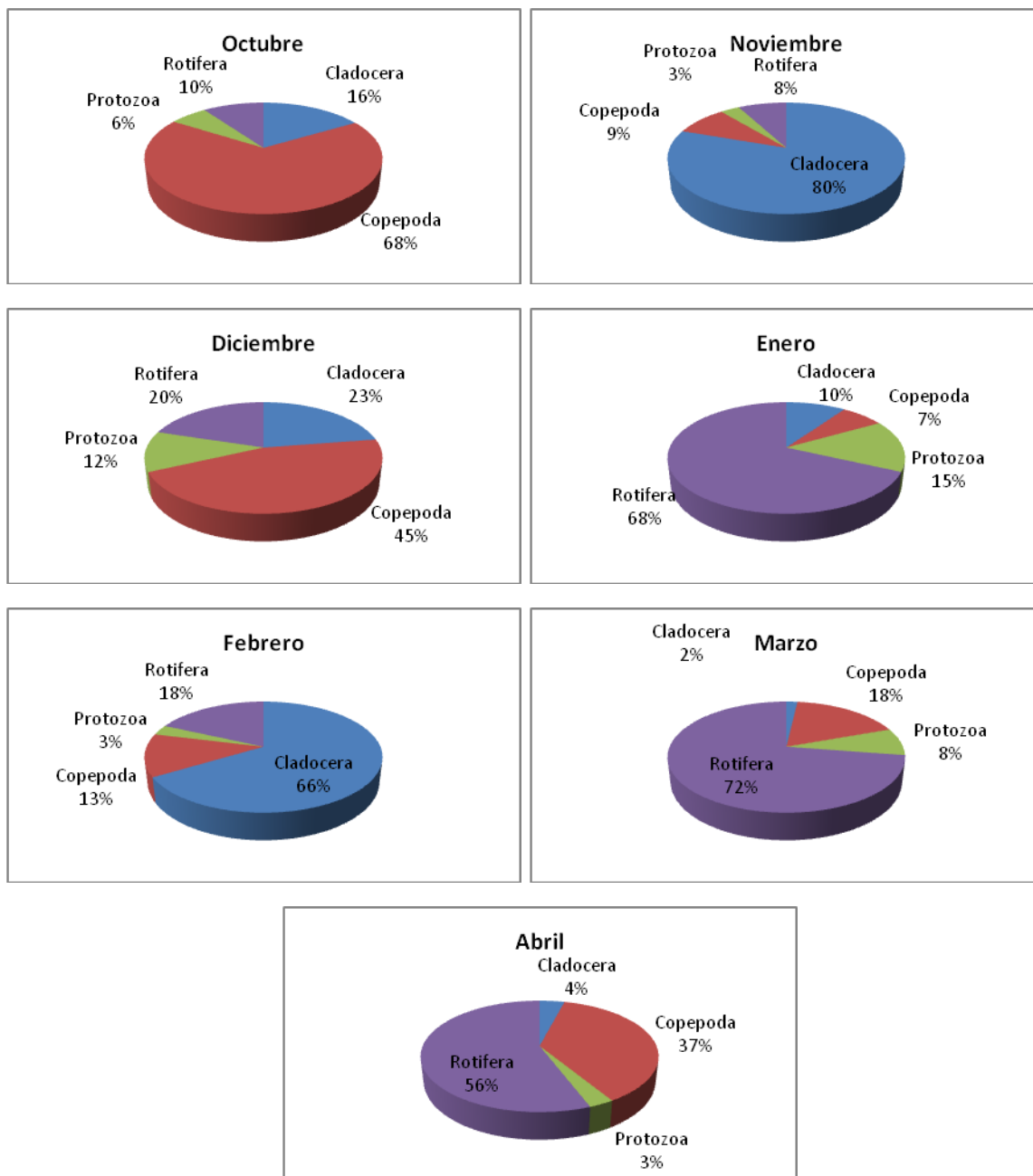


Figura 3. Abundancia relativa de los grupos constituyentes de la comunidad en los diferentes periodos de muestreo.

En el periodo de estudio se observó una variación en la abundancia relativa de la comunidad, en donde aumenta o disminuye la representatividad de cada grupo constituyente. A inicios del estudio, en Octubre se encontró una dominancia marcada por *Mesocyclops sp.* quien llegó a constituir el 68% de la abundancia de la comunidad, en este mes la abundancia de especies de menor tamaño tales como y cladóceros, rotíferos y protozoarios se vio reducida (16%, 10%, y 6%, respectivamente). Los cladóceros dominaron de forma remarcada en Noviembre, cuando representaron el 80% de la abundancia relativa, en Diciembre se observó una distribución de la abundancia total en los diferentes grupos constituyentes, dominando los copépodos con 45% de abundancia relativa, Cladóceros con 23% rotíferos con 20% y protozoarios con 12%. Enero fue un mes dominado por organismos de tamaños menores como los rotíferos 68% y protozoarios 15% y la abundancia de crustáceos suma menos del 20% (cladóceros 10% y copépodos 7%). Por su parte, febrero fue una fecha dominada por cladóceros, mostrando una abundancia relativa de 66%; seguido de rotíferos 18%, *Mesocyclops sp* 13% y protozoarios 3%. En Marzo y Abril los rotíferos presentaron una dominancia marcada que puede ser explicada por las condiciones climáticas que se presentaban en la fecha, habiéndose encontrado precipitaciones altas (Ver figura 3).

Un 29% de los taxones encontrados mostraron una dispersión limitada dentro del cuerpo de agua, de estas 10 especies 8 de ellas fueron colectadas solamente en la estación 4 (*Moina sp*, *Arcella dentata*, *Actinosphaerum sp*, *Filinia sp*, *Trichotria*

*sp*, *Monostyla sp*, *Lepadella sp*, *Cephalodella sp*) y 2 especies en la estación 1 (*Hexarthra sp* y *Brachionus sp*).

Se encontraron en total 5 especies constantes (*Daphnia pulex*, *Mesocyclops sp*, *Arcella discoides*, *Brachionus quadridentatus* y *Testudinella sp*), 8 morfoespecies accesorias (*Ceriodaphnia sp*, *Ceriodaphnia sp2*, *Alona sp*, *Centropyxis aculeata*, *Arcella dentata*, *Polyarthra sp*, *Rotaria sp* y *Rotaria sp2*) y 21 morfoespecies accidentales (*Moina sp*, *Arcella gibbosa*, *Diffugia sp*, *Euglypha sp*, *Thuricola sp*, *Clathrulina sp*, *Actinosphaerum sp*, *Monostyla sp*, *Monostyla sp2*, *Notommata sp*, *Colurella sp*, *Filinia sp*, *Trichotria sp*, *Lepadella sp*, *Hexarthra sp*, *Brachionus sp*, *Brachionus sp2*, *Brachionus sp3*, *Asplachna sp*, *Lecane sp* y *Cephalodella sp*).

Estas constancias reflejan que la comunidad se compone por un 15% por especies constantes, 23% por especies de constancia accesoria y 63% por especies accidentales. Las especies constantes se presentaron en todas las estaciones estudiadas y se encontró que los rotíferos superan en número de especies constantes a los otros grupos constituyentes. De las 8 especies constantes siete se encontraron en todas las estaciones de muestreo y solo una especie, *A. dentata* se limitó a la estación 4, presentándose en todas las temporadas de muestreo.

Por otra parte, la mayoría de taxones encontrados (62%) se encontraron de manera accidental, siendo los rotíferos el grupo constituyente con mayor número de especies con esta constancia durante la temporada de muestreo. La estación 4 presentó el mayor número de especies accidentales, 19 de 21 de estas especies se presentaron en algún momento en esa zona del humedal, y siete de estas especies se presentaron exclusivamente en esa estación. Estos resultados son similares a los encontrados por Rodríguez (2003) quien encontró que la rotíferofauna amazónica está representada por menos del 20% de especies constantes, así mismo los valores de IC reportados para las especies accidentales fue de más del 65% del total de taxones.

Tabla 3. Abundancia, frecuencia e índice de constancia (IC) de los taxones encontrados en el humedal Santa María del Lago.

Morfoespecie	Densidad promedio Ind/m <sup>3</sup>	Densidad total Ind/m <sup>3</sup>	Abundancia relativa (%)	Frecuencia	IC
<b>Cladóceros</b>					
<i>Daphnia pulex</i>	60461	423226	25,46	22	79%
<i>Moina sp.</i>	639	4470	0,27	3	11%
<i>Ceriodaphnia sp.</i>	4642	32492	1,95	12	43%
<i>Alona sp.</i>	3748	26237	1,58	11	39%
<i>Ceriodaphnia sp2</i>	10633	74429	4,48	12	43%

## Copépodos

<i>Mesocyclops sp.</i>	63058	441405	26,56	28	100%
------------------------	-------	--------	-------	----	------

## Protozoos

<i>Arcella discoides</i>	5292	37045	2,23	15	54%
<i>Arcella gibbosa</i>	1302	9115	0,55	6	21%
<i>Centropyxis Aculeata</i>	1819	12735	0,77	8	29%
<i>Arcella dentata</i>	5389	37725	2,27	7	25%
<i>Diffugia sp.</i>	594	4157	0,25	5	18%
<i>Euglypha sp.</i>	372	2603	0,16	3	11%
<i>Thuricola sp.</i>	411	2875	0,17	2	7%
<i>Clathrulina sp.</i>	2663	18641	1,12	5	18%
<i>Actinosphaerum sp.</i>	732	5126	0,31	2	7%

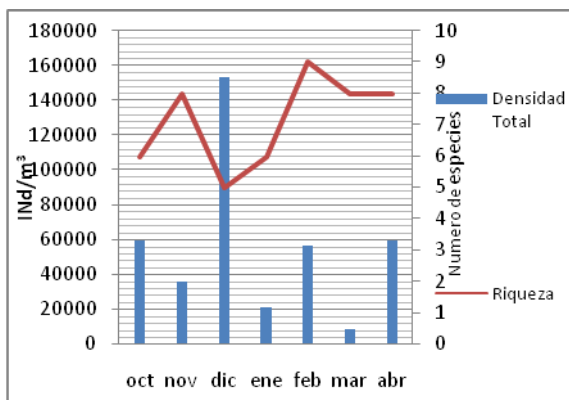
## Rotíferos

<i>Polyarthra sp.</i>	7732	54127	3,26	13	46%
<i>Brachionus quadridentatus</i>	19912	139385	8,39	26	93%
<i>Monostyla sp.</i>	501	3504	0,21	6	21%
<i>Notommata sp.</i>	1765	12353	0,74	5	18%
<i>Testudinella patina</i>	17682	123774	7,45	25	89%
<i>Rotaria sp.</i>	11806	82645	4,97	12	43%
<i>Colurella sp.</i>	177	1242	0,07	2	7%
<i>Rotaria sp2</i>	1826	12779	0,77	8	29%
<i>Filinia sp.</i>	1374	9617	0,58	3	11%
<i>Trichotria sp.</i>	1957	13697	0,82	4	14%
<i>Monostyla sp2</i>	172	1202	0,07	1	4%

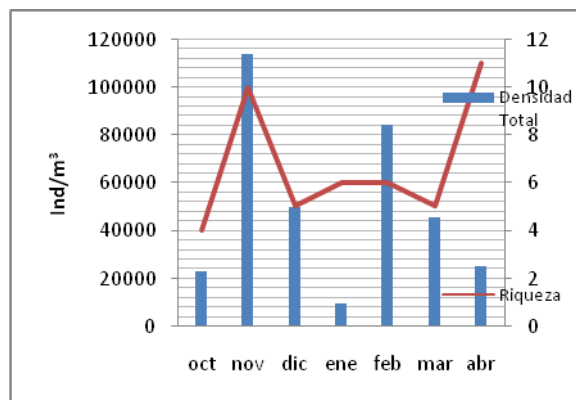
<i>Lepadella sp.</i>	275	1926	0,12	2	7%
<i>Hexarthra sp.</i>	48	339	0,02	1	4%
<i>Brachionus Rubens</i>	930	6513	0,39	3	11%
<i>Brachionus sp.</i>	22	157	0,01	1	4%
<i>Asplanchna sp.</i>	819	5732	0,34	3	11%
<i>Brachionus sp2</i>	8425	58976	3,55	3	11%
<i>Lecane lunaris.</i>	124	869	0,05	3	11%
<i>Cephalodella sp.</i>	139	976	0,06	1	4%

### 5.3. Variación espacio- temporal de la abundancia y riqueza de especies

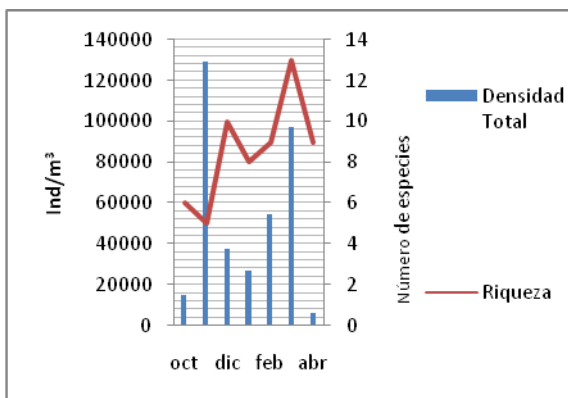
El número de especies y la abundancia de las mismas mostraron variaciones tanto entre las estaciones como las temporadas de muestreo (Tabla 3). La abundancia total de individuos en la temporada de estudio fluctuó entre los 104645 Ind/m<sup>3</sup> en el mes de abril, mes en que se observó la mayor precipitación y 363343 Ind/m<sup>3</sup> en diciembre, que fue un mes donde se presentó una baja precipitación. La densidad de individuos a comienzos del estudio, en un mes típicamente lluvioso (octubre) fue de 171527 Ind/m<sup>3</sup>, cifra que aumento en el mes de noviembre a 322359 Ind/m<sup>3</sup> y en diciembre, descendiendo luego a 125157 Ind/m<sup>3</sup> en el mes de enero, mes en que se presentó la menor precipitación registrada de la temporada de estudio. Durante los meses siguientes (febrero y marzo) aumentó la densidad a 263213 Ind/m<sup>3</sup> y 312156 Ind/m<sup>3</sup> respectivamente, disminuyendo de nuevo en el mes de abril a su valor mínimo encontrado: 104645 Ind/m<sup>3</sup>, como ya se ha indicado (ver figura 4). En los anexos 10 y 11 se encuentran consignados los registros de abundancia por individuos en cada una de las estaciones para cada mes.



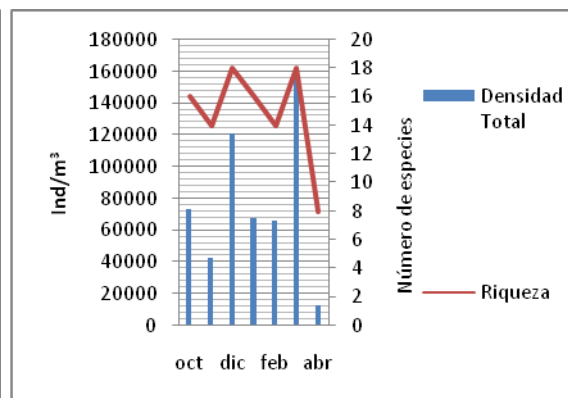
E1



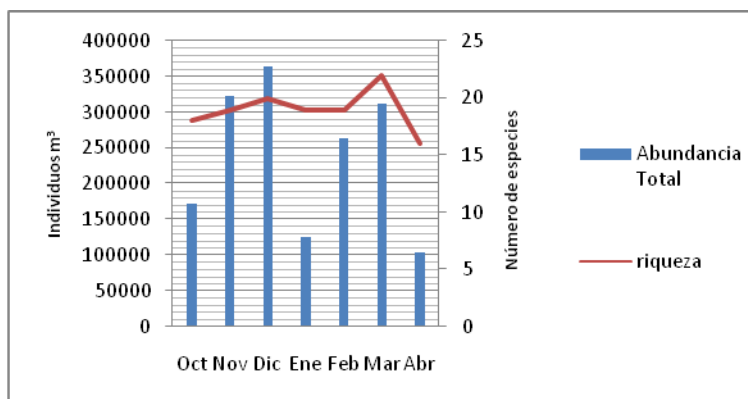
E2



E3



E4



Total

Figura 4. Relación entre la abundancia total ( $\text{Ind}/\text{m}^3$ ) y la riqueza de especies por estación de muestreo y en todo el humedal.

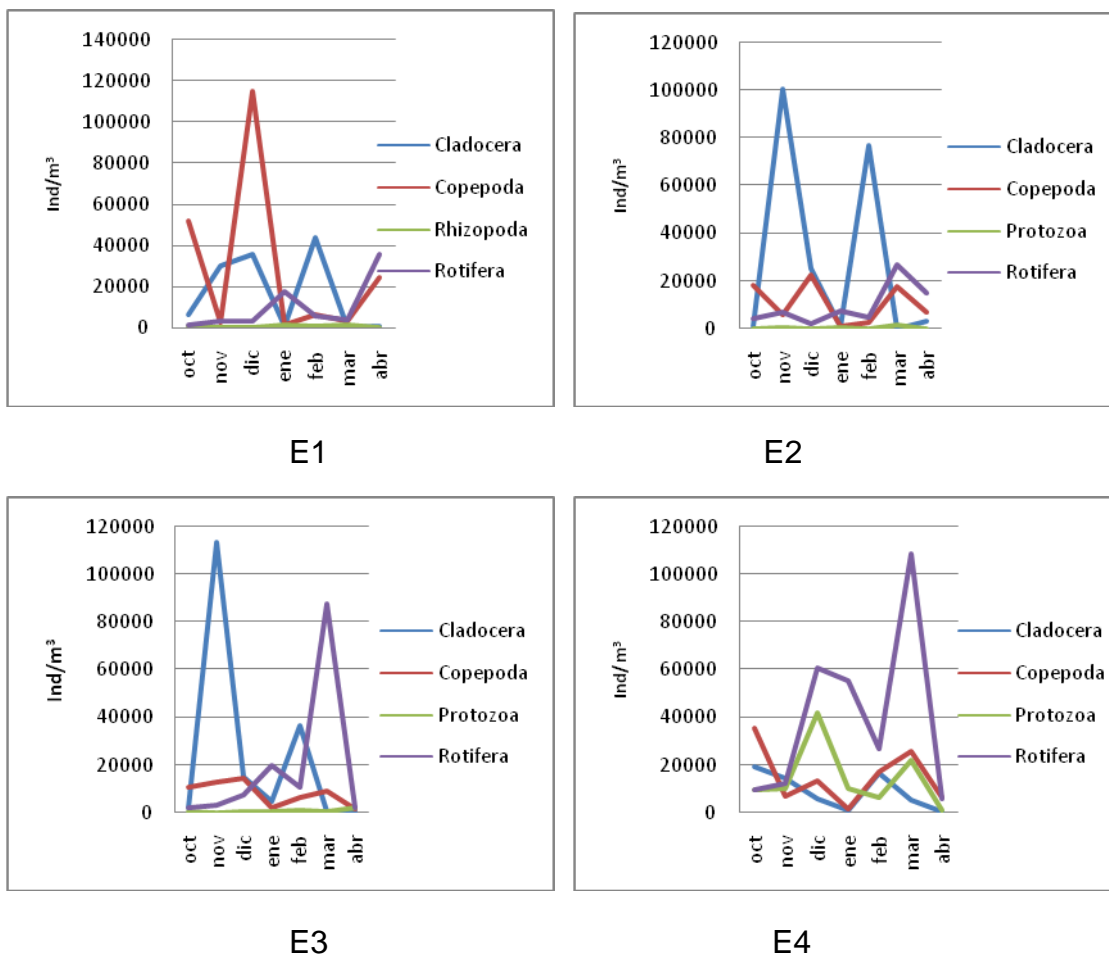


Figura 5. Variación de la abundancia de los diferentes grupos estructurales de la comunidad zooplanctónica (Ind/m<sup>3</sup>) en cada estación de muestreo.

La variación en las densidades de los diferentes grupos constituyentes estudiados (exceptuando los cladóceros) muestra un comportamiento similar al que presentó la comunidad en general. La población de *Mesocyclops sp* presentó altas densidades, siendo el individuo mas abundante en la estación 1 y presentándose en todas las estaciones y fechas de muestreo, este cyclopoideo presentó sus mayores abundancias en los meses octubre y diciembre con densidades de



115815 Ind/m<sup>3</sup> y 165091 Ind/m<sup>3</sup> respectivamente, y sus menores densidades en los meses Noviembre y Enero con 27882 Ind/m<sup>3</sup> y 5691 Ind/m<sup>3</sup> respectivamente

De la misma forma los rotíferos y protozoarios presentaron también dos picos de abundancia, coincidiendo en el mes de diciembre altas densidades (73655 Ind/m<sup>3</sup> y 42781 Ind/m<sup>3</sup> respectivamente) y presentando en el mes de Marzo un segundo pico de abundancia (22678 Ind/m<sup>3</sup> y 28597 Ind/m<sup>3</sup> respectivamente) (ver figura 5). A pesar de ser identificable este comportamiento de forma descriptiva, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la abundancia total de la comunidad ni en la abundancia de los diferentes grupos constituyentes (ver figura 4, Anexos 4 y 5).

Por su parte la abundancia de cladóceros presentó un comportamiento disímil al que mostraron los otros grupos ya que en el mes de diciembre presentaron un valor bajo de abundancia 81816 Ind/m<sup>3</sup> y en el mes de noviembre su máxima densidad: 258960 Ind/m<sup>3</sup>. En general, los cladóceros presentan dos picos de abundancia, en los meses de noviembre y febrero, también presentando dos bajos de abundancia en los meses enero, marzo y abril (ver figura 5).

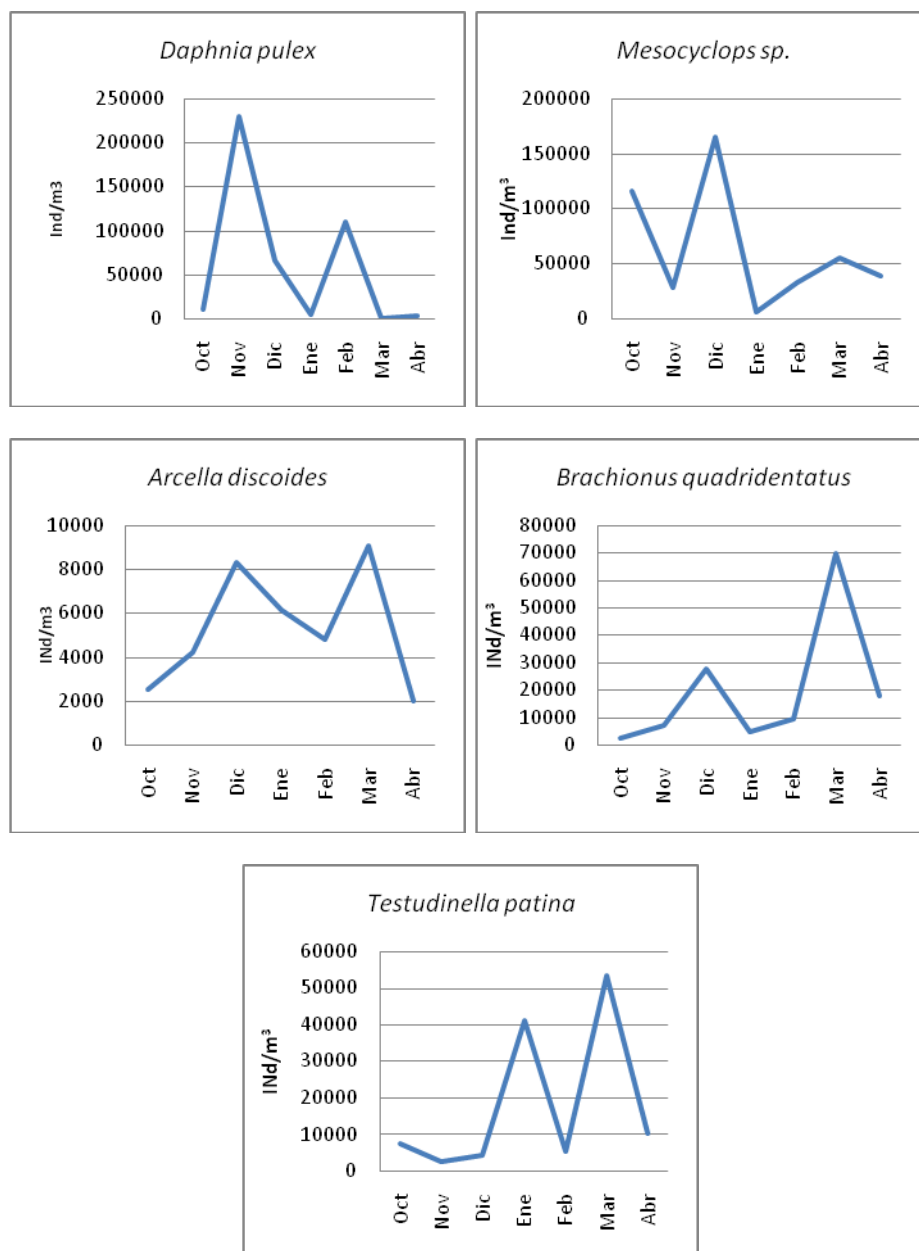


Figura 6. Variación de la densidad (Ind/m<sup>3</sup>) de las especies con índices de constancia mayores al 50% en el humedal Santa María del Lago.

*D. pulex* fue el único cladóceros que se presentó durante la mayor parte del periodo de estudio y en cada estación de muestreo, para esta especie se observaron mayores abundancias en noviembre, diciembre y febrero y menor número de individuos en octubre, enero, marzo y abril. Esta especie es particular ya que sus

densidades se presentaron tan altas que si se ignorara este valor el comportamiento de variación de abundancia de los cladóceros no presentaría un comportamiento diferente al de los demás grupos constituyentes ya que también presentarían mayores abundancias hacia el final del periodo de estudio (ver figura 6). Este comportamiento se presentó marcadamente en las estaciones 2 y 3, donde *D. pulex* muestra abundancias dominantes llegando a representar el 96% de la abundancia de cladóceros observados en la estación 2 y el 73% de la abundancia total de cladóceros en la estación 3. Contrastantemente en la estación 4, el aporte de *D. pulex* a la abundancia total de su grupo representativo fue del 22% y posiblemente como resultante de la disminución de esta dominancia en este grupo constituyente se observaron altas abundancias relativas de *Alona sp* y *Ceriodaphnia sp*, quienes se verían beneficiadas con las condiciones predominantes en esta estación, donde llegaron a representar el 37% y 30% de la abundancia relativa de cladóceros (ver anexo 1).

La presencia de *Mesocyclops sp.* fue constante durante la temporada de estudio y en todas las estaciones de muestreo, a pesar de esto presentó comportamientos diferentes en su abundancia en las diferentes estaciones de muestreo. La abundancia de este copépodo presentó un comportamiento similar en las estaciones de muestreo, se observaron altas densidades de estos crustáceos al inicio del estudio en octubre, diciembre y marzo; siendo noviembre el mes en que se presentó el menor número de individuos en todo el cuerpo de agua (ver figura 6). Se observaron las mas altas abundancias en la estación 1, cuyas condiciones

batimétricas (Ver: marco teórico, descripción del humedal) podrían favorecer la presencia de especies litorales/bentónicas como esta (Williamson, 1986).

Las variaciones de densidad presentadas por *A. discoides* permitieron observar que la población de esta especie tuvo dos picos de abundancia en Diciembre y Marzo; además mostró también dos valores mínimos de densidad en Octubre y Abril, meses en que presentaron los mayores registros de precipitación (ver figura 6).

*B. quadridentatus* y *T. patina* fueron los únicos rotíferos de frecuencia constante en el periodo de estudio. Aunque el comportamiento de las poblaciones de estas especies son similares, difieren en los periodos en que su abundancia mostro las mayores y menores densidades. *B. pala* presentó sus mayores densidades en Diciembre y Marzo, mientras que *T. patina* se mostro en mayor cantidad en Enero y Marzo. Por su parte *B. pala* presentó sus menores densidades en los meses Octubre y Enero, mostrando también una tendencia a disminuir su densidad en Marzo luego de haberse presentado su máximo registro de abundancia. A su vez *T. patina* presento sus menores densidades en Noviembre y Diciembre (ver figura 6). Estas especies son comunes para el trópico y tanto *Brachionus* como *T. patina* se han encontrado de manera constante en otros estudios realizados en el Colombia (Celis, 2008., Rodríguez, 2003).

La riqueza de especies se encontró diferente entre las diferentes estaciones de muestreo y entre los periodos estudiados, es así como la estación 4 es la zona con mayor número de especies a comparación de las otras estaciones estudiadas, en esta estación se encuentra un promedio de riqueza de 15 especies, superando casi por el doble del valor de riqueza encontrado para las estaciones uno, dos y tres. En esta estación se encontró una alta relación entre la abundancia total y la riqueza de especies, posiblemente la precipitación sea un factor de regulación de la comunidad zooplanctónica mostrando mayores valores en los meses donde se presentaron cambios fuertes en la precipitación media en el humedal (ver anexo 7). Las estaciones uno, dos y tres presentaron en promedio 7, 7 y 9 especies respectivamente, indicando que las variaciones de este atributo de la comunidad se encuentra regulado por las condiciones espaciales heterogéneas que presenta la estación cuatro, zona destinada al crecimiento de varias macrófitas, lo que no solo sería una fuente de material vegetal sino también de estratos verticales que darían sustento a diferentes formas de vida.

#### 5.4. Variación y relación de la Diversidad, la riqueza de especies y la Equitatividad.

Los valores de diversidad ( $H'$ ) varían entre las estaciones de muestreo a lo largo del periodo de estudio. En las estaciones uno, dos y tres estos valores se presentaron entre bajos y altos, se presentaron valores en un rango de 0,74 a 2,6

bits. Por otro lado se observaron los mayores niveles de diversidad en la estación cuatro en donde se encontró un valor mínimo de 2.23 y máximo de 3.45 bits (ver figura 7).

La estación de muestreo cuatro presentó los valores mas altos de diversidad en general y para cada grupo constituyente en algún momento, mientras que en las demás estaciones la diversidad puede verse reducida e incluso no haberse encontrado en los grupos constituyentes, casos donde la densidad detectada del grupo representativo estuvo constituida por la abundancia solo de una especie.

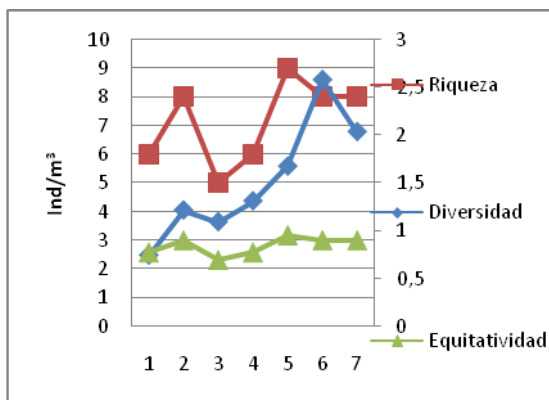
La riqueza de especies presentó una variación temporal que influye en el comportamiento de la diversidad, presentó un promedio de 19 especies y se observó su mayor valor en diciembre (22 especies) y su menor registro en abril (16 especies) (Ver figura 7).

La diversidad se vio condicionada por los valores extremos de abundancia de *D. pulex* y *Mesocyclops sp.* en las estaciones uno y dos. En Noviembre, la densidad de *D. pulex* en la estación dos fue de 182369 Ind/m<sup>3</sup> su valor máximo registrado para todo el cuerpo de agua. Este valor extremo de la población de *D. pulex* coincidió con un valor de diversidad bajo, señalando alguna relación con la riqueza

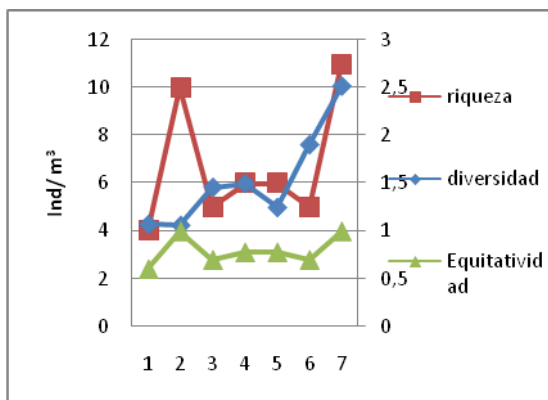
de especies, que para ese momento había aumentado de 4 a 10 especies en esta estación (ver figura 7).

Los valores de diversidad de cladóceros se presentaron bajos durante todo el estudio (0-1.52 bits), la diversidad de este grupo se presentó en mayores niveles en Noviembre (1,45 bits) y Diciembre (1,52 bits) en la estación cuatro y en Abril en la estación uno (1,51 bits). Debido a que solo se registró una especie de copépodo no se estimaron los valores de diversidad de este grupo, mas si el aporte de esta especie a la diversidad general de la comunidad (ver figura 8).

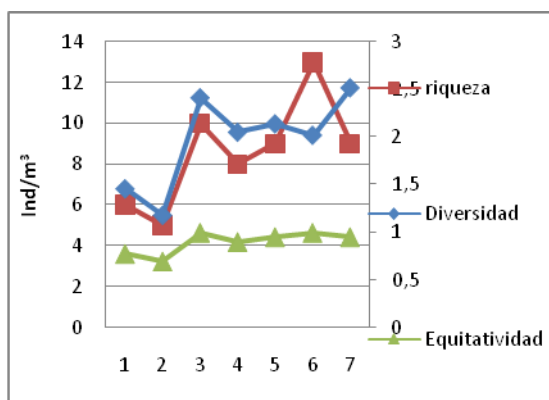
La diversidad de los protozoarios presenta variaciones en el transcurso del tiempo y la zona de estudio, esta variación se presenta sobre todo entre estaciones, donde los protozoarios presentaron niveles de diversidad nulos en gran parte del estudio en las estaciones uno, dos y tres. Mientras alcanzaron niveles medio-bajos en la estación cuatro (0,92 – 2,45 bits) (ver figura 8).



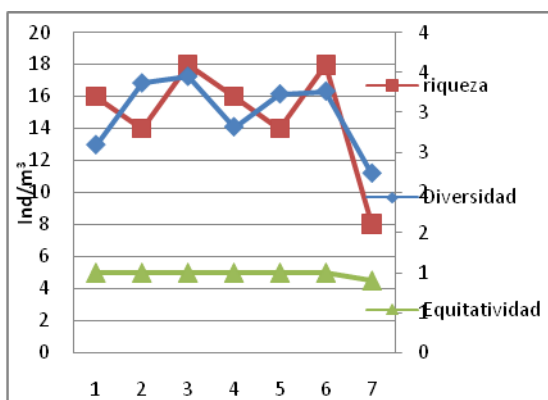
E1



E2



E3



E4

Figura 7. Comportamiento de los parámetros descriptores de Riqueza de especies, Equitatividad ( $J'$ ) y Diversidad ( $H'$ ).

La diversidad de rotíferos se presentó media – baja (0 – 2,40 bits), en la mayoría de los muestreos se presentó algún valor de diversidad, a diferencia de los otros casos donde no se presenta ninguna diversidad. Este grupo presentó valores muy bajos de diversidad por estación en Diciembre (0,26 – 0,66 bits) y Enero (0,20 – 2,07 bits) particularmente (ver figura 8).



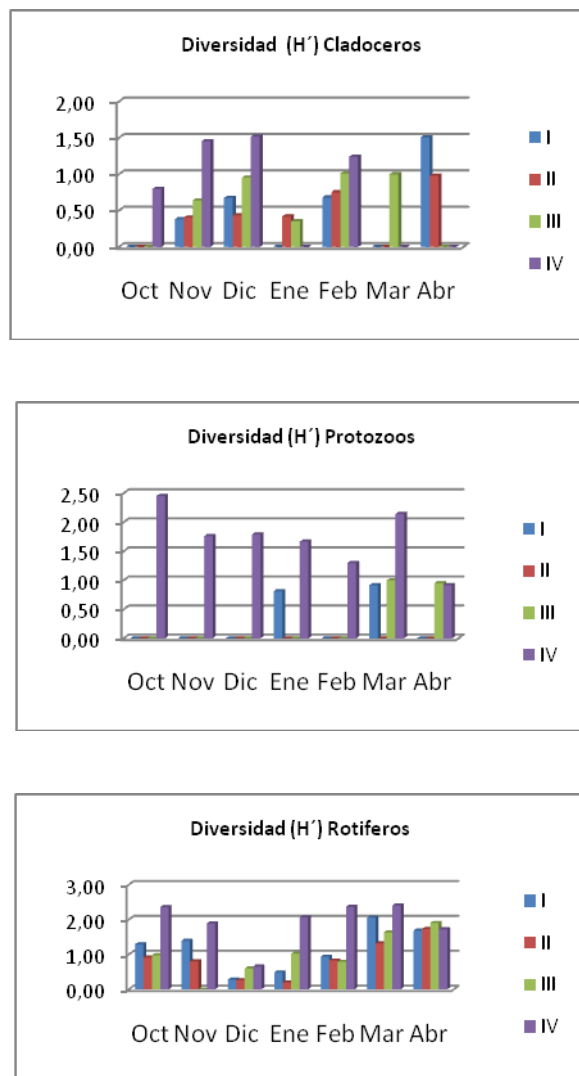


Figura 8. Diversidad ( $H'$ ) de cada grupo constituyente de la comunidad en cada estación de muestreo, en el periodo de estudio octubre 2006- abril 2007.

### 5.5. Análisis de similitud

La afinidad faunística entre las diferentes estaciones se estudió mediante el índice de Czekanowski – Sørensen, encontrándose que las estaciones 2 y 3 son clasificables como iguales, las estaciones 1 y 3 como diferentes y que la estación

4 se mostró semejante a la estación 3. Las interacciones restantes también dieron como resultado una semejanza entre todas las estaciones de muestreo estudiadas (ver figuras 9 y 10).

	E1	E2	E3	E4
E1		0,7	0,4	0,74
E2			0,87	0,67
E3				0,79
E4				

.Figura 9. Diagrama de Trellis, se muestran los valores de afinidad obtenidos y la coloración muestra cuales son las asociaciones más fuertes.

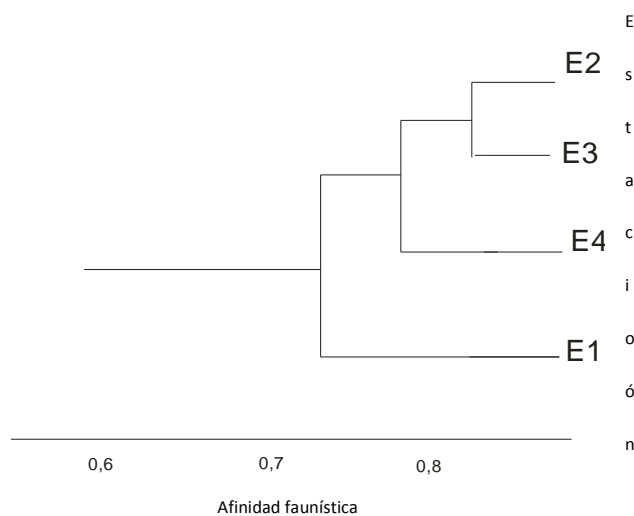


Figura 10. Dendrograma de afinidad entre las estaciones de muestreo (clasificación normal).

## 5.6. Bioindicación.

Con el fin de estimar las probabilidades de bioindicación de las especies encontradas en este estudio, se realizó comparación con trabajos similares en condiciones y situaciones similares.

Andronikova (en Krupa, 2006), propone que valores bajos de diversidad en la comunidad zooplanctónica son determinantes de una condición eutrófica; mientras valores medios señalan una condición mesotrófica y valores altos de diversidad un estado oligotrófico.

Mes	H' total	Est. Trófico
Octubre	2,0	eutrofia
Noviembre	1,8	eutrofia
Diciembre	2,8	oligotrofia
Enero	3,1	oligotrofia
Febrero	2,7	oligotrofia
Marzo	3,2	oligotrofia
Abril	2,6	oligotrofia
Promedio	18,1	oligotrofia

Tabla 4. Indicación del estado trófico del humedal Santa María del Lago en el periodo octubre 2006 - abril 2007, estimado con base en la diversidad de la comunidad zooplanctónica, según Krupa (2006).

A nivel general, basándose en el índice de diversidad Shannon–Weaver, se observó que a comienzo del periodo de estudio se presentaron condiciones eutróficas por parte del humedal, para luego mostrar condiciones oligotróficas en la mayoría del estudio. El cuerpo de agua del humedal Santa María del Lago presenta en gran parte de su extensión condiciones eutróficas, lo que se puede

apreciar en las estaciones uno, dos y tres, donde se presenta una complejidad y distribución de formas de vida características en ambientes eutróficos; mientras de la estación 4 muestra valores altos de diversidad ( $H'$ ) similares a los encontrados en ambientes oligotróficos.

Mes	Estación 1		Estación 2		Estación 3		Estación 4	
	$H'$	Est. Trófico	$H'$	Est. Trófico	$H'$	Est. Trófico	$H'$	Est. Trófico
Octubre	0,7	Eutrofia	1,1	eutrofia	1,5	eutrofia	2,6	oligotrofia
Noviembre	1,2	Eutrofia	1,5	eutrofia	1,2	eutrofia	3,4	oligotrofia
Diciembre	1,1	Eutrofia	1,5	eutrofia	2,4	mesotrofia	3,4	oligotrofia
Enero	1,3	Eutrofia	1,5	eutrofia	2,0	mesotrofia	2,8	oligotrofia
Febrero	1,7	Eutrofia	1,2	eutrofia	2,1	mesotrofia	3,2	oligotrofia
Marzo	2,6	Oligotrófia	1,9	eutrofia	2,0	mesotrofia	3,3	oligotrofia
Abril	2,0	Mesotrofia	2,5	oligotrofia	2,7	oligotrofia	2,2	mesotrofia
Promedio	1,5	Eutrofia	1,6	eutrofia	2,0	eutrofia	3,0	oligotrofia

Tabla 5. Indicación del estado trófico de las estaciones de muestreo, en el periodo octubre 2006 – abril 2007. Según Krupa (2006).

Diferencialmente, la aplicación del índice de estado trófico de las diferentes estaciones de muestreo varió de oligotrófico a eutrófico, mostrando condiciones oligotróficas de forma dominante en la estación cuatro, que en comparación presentó los mayores valores de diversidad  $H'$ ; mientras en las estaciones uno y dos a comienzos de estudio la condición del cuerpo de agua fue eutrófica cambiando en las ultimas fechas a un estado oligotrófico. La estación tres por su parte, presentó un estado eutrófico a comienzos de estudio, pasando a un estado mesotrófico en la mayor parte de la temporada de estudio, finalizando en un estado oligotrófico.

Para complementar este análisis se utilizó la indicación de saprobiedad basada en la presencia de determinados bioindicadores, tales como los rotíferos (Sladec ek, 1983). Se encontró un estado general de Oligo –  $\beta$  mesosaprobiedad en el cuerpo de agua, sin mostrarse grandes diferencias en la indicación en base a la presencia de determinadas especies entre las zonas estudiadas, donde en las diferentes estaciones de muestreo a lo largo del periodo de estudio se encontraron de forma intermitente especies indicadoras de dichas clases saprobias como *Brachionus quadridentatus*, *Testudinella patina*, *Lecane lunaris*, *Cephalodella gibba*, *Asplanchna sp*, *Filinia, sp*, *Notommata sp* y *Polyarthra sp* (ver anexo 8).

## 6. DISCUSION DE RESULTADOS

Se reportaron 19 familias en los grupos constituyentes, Cladóceros, Protozoos, Copépodos y Rotíferos presentes en el humedal Santa María del Lago. Se destacan por su riqueza la familia Daphnidae (3 taxones), Brachionidae (7 taxones), Arcellidae (3 taxones) y Lecanidae (3 taxones). A excepción de la familia Daphnidae que se supone poco frecuente en el neotrópico estas familias son consideradas como comunes en cuerpos de agua dulce en el trópico (Segers, 2004, Boxshall & Defaye, 2008., Dumont, 1983), en el neotrópico (Paredes *et al* , 2006., Segers, 2004., Boxshall, 2007., Forró 2008., Escobar, 2008), y en Colombia (Barón-Rodríguez *et al*, 2006., Gaviria & Aranguren, 2007, Celis, 2008).

Un total de 34 taxones se reportaron en la extensión del cuerpo de agua del humedal, se registraron 5 especies de Cladóceros, 1 de Copépodo, 9 de protozoarios y 19 de rotíferos. De acuerdo con varios autores, este es un número

de especies por grupo constituyente y de la comunidad en general común para las comunidades zooplanctónica de agua dulce (Pennak, 1957., Gonzalez *et al*, 2002, Margalef, 1983.) Otros estudios en el trópico (Bonecker *et al*, 2005) y Colombia (Gaviria, 2000., Gaviria, 2000b., Monroy *et al*, 2004., Ramírez & Díaz, 1997, Guevara *et al*, 2008) han mostrado valores semejantes de especies comunes con este estudio y destacan la presencia frecuente de especies de géneros como *Brachionus*, *Lecane*, *Testudinella*, *Daphnia*, *Ceriodaphnia*, *Moina* y de copépodos ciclopoideos en aguas continentales colombianas, respecto a la comunidad de protozoarios no se han realizado muchos estudios, por lo que el presente trabajo es buena fuente de partida para próximos estudios de protozoarios planctónicos en humedales de la sabana de Bogotá.

Las familias con mayor constancia observada fueron Daphnidae, Cyclopidae, Arcellinidae, Brachionidae y Testudinellidae, representándose la comunidad principalmente por los 4 grupos constituyentes y mostrando la tendencia a mostrar especies más detritívoras, lo que puede dar ideas sobre el estado trófico del humedal. A nivel específico, las especies constantes fueron *D. pulex*, *Mesocyclops sp*, *A. discoides*, *B. quadridentatus* y *T. patina*. Algunas de estas especies consideradas comunes en el trópico (Koste & De Paggi, 1982., Gutierrez-Aguirre *et al*, 2006) y en cuerpos de agua andinos colombianos (Gaviria, 2000, Monroy *et al*, 2004., Ramírez & Díaz, 1997), además esto concuerda con los reportes realizados en el PMA (Botero D. & Asociados, sin fecha) del humedal, en

donde se reporta la ocurrencia de rotíferos, copépodos y *Daphnia*, genero indicador de aguas eutrofizadas.

Los géneros con mayor número de representantes fueron *Brachionus* (4 especies) y *Arcella* (3 especies). *Brachionus* es un genero cosmopolita, frecuente en los estudios limnológicos en el neotropico, donde llega a presentar hasta 32 especies (Segers, 2004) y en promedio en Colombia se han encontrado 17 especies de este genero (Rodríguez, 2003., Moreno, 2005, Gaviria, 2000b), la presencia de pocas especies pertenecientes a un mismo genero es un hecho común que corresponde a la estrategia de supervivencia que presenten las especies, que en general se encuentran dominadas numéricamente por una única especie que puede llegar a superar hasta por 20 veces el numero de individuos de otra especie del mismo genero (Pennak, 1957).

*Moina sp*, se encontró como una especie con distribución restringida a la zona con presencia de macrófitas, su presencia en esta zona del lago esta relacionada con el estado trófico predominante en la estación cuatro, este genero es reconocido en ambientes oligotróficos, situación notable en el estudio realizado por Gallo *et al* (2004), reflejando su importancia ya que en Colombia es frecuente y se presenta un caso de endemismo (Guillot, 1999., Gaviria, 2000, Gaviria, 2000b).



La abundancia relativa de la comunidad presentó variaciones a nivel espacial y temporal. En general, la comunidad zooplanctónica estuvo representada en mayor medida por cladóceros (34%) y rotíferos (32%), seguidos del copépodo cyclopoideo (26%) y en menor medida por protozoarios (8%).

Bajo condiciones eutróficas los cladóceros sacarían más provecho dada su biología y en casos de mayor enriquecimiento del medio, donde se pueden producir grandes cantidades de materia orgánica se favorece a microfiltradores como los rotíferos; siendo bacterias y protozoos dominantes en casos de eutrofia avanzada en el sistema (Margalef, 1984., Finlay & Esteban, 1998., Pennak, 1946).

En casos de eutrofización es común el crecimiento de las poblaciones de algas de menor tamaño y unicelulares además de las coloniales, dada a la alta oferta de nutrientes (Margalef, 1984., Mieleitner *et al*, 2008., Ramírez *et al*, 2006), factor que favorecería las poblaciones de rotíferos, quienes responden rápidamente a los cambios en la composición química del agua y a la disponibilidad y calidad del alimento, ingiriendo en gran medida de algas unicelulares y detritos (De Infante, 1988., Ruttner-Kolisko, 1974). Al aumentar la oferta alimenticia dada en ambientes muy eutrofizados, se pueden generar alivios en las interacciones de algunos microfiltradores con *D. pulex* y *Mesocyclops sp*, quienes suprimen las poblaciones

de rotíferos por competencia y depredación, respectivamente (Gilbert & Stemberg, 1985., Williamson, 1986., Wickham & Gilbert, 1991).

Desde el punto de vista espacial, en la estación uno dominó numéricamente *Mesocyclops sp.*, seguido de cladóceros (especialmente *D. pulex*) y rotíferos. En la estación dos y tres los cladóceros fueron el grupo más representativo numéricamente, seguidos de los rotíferos y copépodos; mientras en la estación cuatro los rotíferos fueron el grupo constituyente más representativo.

Las abundancias que presentan los organismos en este tipo de estudios están sometidas por las capacidades de los individuos a colonizar y establecerse en el medio y están influenciadas en gran medida por tendencias extremas de densidades de una especie que es dominante en su grupo (Margalef, 1983). Por ejemplo, los rotíferos, en general presentan una cantidad significativa de especies cuyas densidades permiten a este grupo presentarse de manera dominante en una estación y en tres de los siete meses; mientras que las altas abundancias de *D. pulex* son las principales determinantes en la abundancia relativa de los cladóceros, que se presentan como el grupo constituyente mas representativo de la comunidad zooplanctónica (ver figura 2).

Esta distribución concuerda con lo planteado por Edmonson (1946), quien señala que los rotíferos son dominantes en las partes litorales de los lagos, en donde varios organismos podrían verse beneficiados con la presencia de una compleja configuración de plantas. Además, Neves *et al* (2003), en un estudio realizado en un cuerpo de agua someros, con pequeñas fluctuaciones en el nivel del agua y pH cercano a la neutralidad encontró una dominancia de rotíferos en áreas donde existen afluentes de aguas domesticas, caso similar al observado en Santa María del Lago, que presenta condiciones ambientales similares en la zona 4.

La abundancia total de la comunidad en general mostró tendencia a aumentar en los meses de mayor temperatura con excepción de enero, el mayor registro de abundancia se encontró para Diciembre y el menor valor en Abril. Esto concuerda con lo encontrado por Roldan y Ruiz (2001, en Guevara, 2008) y Pecorari (2006), quienes encontraron también la mayor densidad de individuos en la temporada seca, determinando una relación inversa entre la densidad y la precipitación.

En reservorios del trópico y subtropico se ha encontrado que las densidades de zooplancton están reguladas por factores como la intensidad de lluvias, productividad de fitoplancton, depredación y acción del viento (Rodríguez, 2003., Moreno, 2005) además de condiciones fisicoquímicas tales como el pH, la concentración de nutrientes y el estado trófico (Duggan et al, 2002). El estado trófico del HSML fue establecido por López (2008), quien encontró condiciones de

meso a oligotrofia para el periodo de estudio Octubre del 2006 a Abril del 2007. A comparación de estudios similares en el país, los valores de abundancia de individuos en un lago meso-oligotrofico como el HSML muestran una mayor diversidad pero menor densidad de individuos que los cuerpos de agua mas eutrofizados (Celis, 2003., Guevara, 2008).

Se realizó una prueba estadística para confirmar la variación de los valores de abundancia por estación y mes, cuyos resultados arrojaron valores de  $P > 0.05$ . Estos resultados están condicionados por el diseño experimental, que resultó limitante para la prueba no parametrica Kruskal- Wallis, la cual fue ejecutada en el programa SPSS®, esta prueba señaló que no existen diferencias ni en el contexto espacial ni en el temporal en dicho parámetro; de hecho, si el tamaño de la muestra es siete o menos, la prueba de Kruskal –Wallis siempre dará un valor de P mayor a 0.05, sin importar como difieran los grupos (Landau & Everitt, 2004., Motulsky, 1999).

A pesar de observarse variaciones en la abundancia de cladóceros, protozoos y rotíferos no se presentó ninguna relación entre este parámetro y los componentes fisicoquímicos, por ejemplo: la abundancia de los protozoarios mostró valores bajos en octubre y noviembre, en diciembre y enero, meses de baja precipitación; este grupo aumento su densidad para caer abruptamente a uno de los niveles mas bajos registrados en febrero, siendo también un mes de baja precipitaciónl, para

marzo la densidad de protozoarios aumentó de igual forma que la precipitación pero en abril, cuando se presentaron los niveles de precipitación mas altos la abundancia de los protozoarios fue una de las mas bajas. Igualmente los cladóceros presentan coincidencias y contradicciones con el comportamiento de las variables abióticas estudiadas.

La abundancia de cladóceros presentó mayores valores en meses de transición climática como noviembre y febrero, cuando el nivel de precipitación disminuyó y aumentó en forma marcada para ambos casos. La abundancia de *Mesocyclops sp.* se encontró en rangos elevados de concentración, especialmente en octubre y diciembre, mientras en enero se presentó su menor densidad. La variación en la abundancia de este cyclopoideo es entonces alta y la variable ambiental que más parece regular su población es la temperatura del agua, pudiendo verse su densidad más alta en el mes en que la temperatura del agua fue más alta (ver anexo 7).

La temperatura del agua es un factor que afecta los procesos internos en las comunidades de crustáceos y rotíferos. A temperaturas altas, los rotíferos aumentan su tasa de ovoposición y se reduce su longevidad (Edmonson, 1946). Frisch et al (2005) encontraron que la distribución y composición de la comunidad de cladóceros y copépodos del humedal Doña Ana están regulados por la conductividad, vegetación, área de superficie y temperatura, este ultimo factor se

encontró que afectaría marcadamente a los copépodos. En Colombia, Baron-Rodriguez *et al* (2005., en Baron-Rodriguez *et al*, 2006) en un estudio realizado en un ciclo anual sobre la comunidad de cladóceros de la Ciénaga de Paredes encontraron una relación positiva entre la abundancia de la comunidad, tasa de ovoposición y número de huevos puestos y la temperatura del agua, la turbidez y el pH.

Dicho comportamiento parece cumplirse para la mayoría del periodo del presente estudio, pero en dos periodos de muestreo (noviembre, enero) no se observó relación entre la temperatura del agua y la densidad de *Mesocyclops sp*; sin embargo, los organismos también pueden estar influenciados por otros factores, A su vez, Pennak (1946), determina que, la composición cualitativa del plancton puede estar determinada no por la cantidad total de materiales disueltos, sino por las pequeñas cantidades de iones que puedan ser limitantes en el desarrollo de las especies. Williamson (1986) señala que la distribución y abundancia de las poblaciones de *Mesocyclops* son influenciadas por la disponibilidad de alimento (primariamente omnívoros, incluyendo en su dieta rotíferos y pequeños cladóceros), pudiendo también ser influenciada su distribución en un cuerpo de agua debido a los patrones de corriente presentes (Chang & Hanazato, 2005).

En este estudio la riqueza de especies en las estaciones y periodos de estudio se mantuvo más o menos constante. Desde una perspectiva temporal la riqueza de

especies mostró sus valores máximos en temporadas de transición climática, como lo fueron diciembre (20 taxones) y marzo (22 taxones) y menores valores en meses lluviosos como octubre (18 taxones) y abril (16 taxones); mientras desde una perspectiva espacial podemos observar una diferencia marcada entre las estaciones, donde en las estaciones con espejo de agua descubierto se observaron menores valores de riqueza (E1: 20, E2: 15 y E3: 22 taxones); mientras en la estación donde se destina el crecimiento de macrófitas el número de especies aumenta (32 taxones), llegando a encontrarse hasta el 91% del total de especies registradas en este estudio.

Estos valores de riqueza son altos a comparación de otros estudios realizados en Colombia, en la región andina, por ejemplo en el lago de tota, un lago de alta montaña Monroy *et al* (2004) reportaron una riqueza de 7 especies, igual número de taxones reportaron Aranguren & Sosa (2003) en lagunas del paramo de Sumapáz; Gallo *et al* (2004) reportan 11 taxones en la laguna Parque Norte, Jaramillo & Gaviria (2003) reportan 8 especies en el Lago Santander; Guevara *et al* (2008) reportan 13 especies en el Reservorio El Prado; incluso resultan altos al compararse con los valores de riqueza encontrado en el humedal Tibanica, también ubicado en Bogotá, pero perteneciente a una cuenca hidrográfica diferente, en donde Jiménez *et al* (sin fecha) en un estudio elaborado para el plan de manejo del humedal reportaron un total de siete taxones. Esta diferencias de riqueza de especies con otros cuerpos de agua en la región podrían ser explicadas según la idea de que a medida que los cuerpos de agua sean mas

pequeños presentaran un número de especies mayor a el encontrado en los lagos grandes y fríos (Reed, 1963), como en este caso, donde muchos de los estudios limnológicos han sido desarrollados en embalses, reservorios, lagos y lagunas que presentan mayor tamaño que el estudiado, característica que hace difícil encontrar información relevante con la que pueda compararse.

La diversidad de la comunidad presento variaciones a lo largo del periodo de estudio, mostrando un aumento progresivo de este parámetro a partir de los meses con menor precipitación (diciembre, enero y febrero), y disminuyendo en los meses más lluviosos (con excepción de marzo). Resultados similares han sido reportados por Cardoso (2004) quien encontró que la diversidad de la comunidad aumenta en periodos secos, casi doblando el valor encontrado en invierno (1,44 y 2,36 bits) exceptuando a rotíferos, quienes son favorecidos por la precipitación y cuya diversidad aumenta en temporadas de lluvia, al igual que se observa en este estudio, donde la diversidad de los rotíferos se presentó en mayores valores de diversidad hacia el final del periodo estudiado cuando aumentaron las lluvias.

A pesar de los pocos trabajos realizados sobre la comunidad zooplanctónica, se pudo comparar los valores de diversidad encontrados para cladóceros, encontrando que se encuentran por debajo de los valores registrados para el neotropico (Neves *et al*, 2003), pero por encima de los valores registrados para Colombia (Jaramillo, 2003). Estos bajos valores de diversidad de cladóceros



también podrían explicarse por la alta abundancia de *D. pulex*, quien es el único representante de los cladóceros en algunas temporadas y estaciones, además, en caso de presentarse otros cladóceros, la abundancia de *D. pulex* se encontró tan alta que afecta negativamente el valor de diversidad.

La diversidad de los protozoarios presentó variaciones en el transcurso del tiempo y la zona de estudio, variación marcada entre las estaciones de muestreo, en las estaciones 1,2 y 3 la diversidad se encontró reducida a cero debido a que solo se encontraba una especie representante de este grupo en estas estaciones a la vez. Por otra parte la estación 4, cuyas condiciones de cobertura vegetal y abundantes detritos favorecerían la alimentación de los integrantes de este grupo al mejorar las condiciones de movilidad y la oferta de alimento (Escobar, 2008), lo que favoreció la presencia de un mayor número de especies y de una mayor distribución del número de individuos de este grupo representativo.

Los rotíferos fueron los organismos que mayor diversidad presentaron. Este resultado es esperado para las zonas tropicales (Neves *et al*, 2003), que en general superan a los valores encontrados para estos organismos en zonas templadas (Yigit, 2006); para Colombia, los resultados obtenidos en este estudio muestran una relativa diversidad alta comparada con otros estudios como el realizado por Rodríguez, (2003), quien encontró un numero elevado de especies; pero valores de diversidad bajos en la comunidad de rotíferos en un lago

amazónico. A diferencia de los cladóceros, este grupo presentó sus menores valores de diversidad en los meses con menores registros de precipitación (diciembre y enero).

En la estación cuatro se presentaron los mayores niveles de diversidad de la comunidad y de cada grupo constituyente, además también se presentó la mayor riqueza de especies en todo el cuerpo de agua. Esta estación se supone ser sitio de algunos vertimientos de aguas residuales y es una zona del cuerpo de agua que se ha manejado para mantener constantemente un parche de macrófitas para refugio de las diferentes especies de aves que se encuentran en el humedal. Estos factores deben ser tenidos en cuenta ya que favorecerían el aumento de especies detritívoras y bacteriófagas como el caso de los protozoarios y los rotíferos. En esta estación, se observa que existe una relación entre la diversidad de cladóceros y la de rotíferos, esto ocurre ya que los niveles de dominancia de *D. pulex* disminuyen, permitiendo que ocurra una segregación de recursos por parte de las otras especies, lo que presentaría un alivio en la posible depredación y competencia para rotíferos y protozoos.

Particularmente en enero y abril se observaron las menores densidades de la comunidad, en tales fechas las abundancias de cladóceros y copépodos se vieron disminuidas considerablemente y los rotíferos dominaron, esto debido a que su condición” r “ les permite explotar de forma mas rápida los recursos disponibles

(De Infante, 1988., Ruttner-Kolisko, 1974) , además, puede que halla un alivio en la presión de depredación y competencia por interferencia que presentan especies como *D. pulex* y *Mesocyclops sp* cuya alimentación puede incluir rotíferos y protozoarios (Gilbert & Stenberg, 1985., Chang, 2005., Williamson, 1986). No se encontró ninguna similitud o relación entre los componentes abióticos y el comportamiento de la abundancia total, estos meses coinciden con los valores extremos de precipitación, enero siendo el periodo mas seco y abril el periodo mas lluvioso; contrastantemente, en los periodos de transición climática (noviembre y febrero) se encontraron altos valores de abundancia total (Ver anexo 7).

La población de cladóceros y *Mesocyclops sp* parecen relacionadas de forma inversa con la abundancia y diversidad de las poblaciones de rotíferos y protozoarios, quienes se registraron en menores cantidades en el inicio del estudio y que aumentaron en densidad una vez las poblaciones de los crustáceos disminuyeron. En la estación uno, en enero la densidad de rotíferos aumenta una vez que la abundancia de cladóceros y copépodos se vio disminuida en gran medida, en febrero, la densidad de rotíferos cae, mientras que la de cladóceros aumenta. En la estación dos solo hacia el final del estudio se observa un aumento en la densidad de rotíferos coincidiendo con una caída en el valor de abundancia de cladóceros. Igualmente, en la estación tres la abundancia de rotíferos aumento en enero, cuando las densidades de cladóceros y *Mesocyclops sp*. fueron bajas, y en marzo, cuando la abundancia de cladóceros cae de nuevo, esta relación también se encontró en la estación cuatro, donde se observó que en diciembre, al

haber menores densidades de crustáceos la abundancia de los protozoos encontrados aumentó y en febrero una vez la densidad de crustáceos aumentó la abundancia de los protozoarios disminuyó, en estos casos la población de cladóceros mostró relación con la otras comunidades (ver figura 5).

Los cladóceros suprimen la comunidad de protozoarios, lo hacen en mayor medida que los rotíferos, siendo los cladóceros agentes causales de la supresión de las poblaciones de estos organismos sea por depredación, competencia por interferencia y/o competencia explotativa (McMahon & Rigler, 1965., en Wickham, 1991). Diferentes estudios señalan que en presencia de *Daphnia* se observa una relación inversa en relación a la densidad de rotíferos, donde *Daphnia*, no solo compite por ítems alimenticios (Gilbert, 1985), sino que también puede infligir daño a algunos rotíferos con la aguja abdominal debido a que algunos de estos caen en la corriente generada por las patas de cladóceros como *Daphnia pulex*, *Bosmina longirostris* y *Daphnia galeata* al momento de capturar su alimento (Wickham, 1971). De esta forma, el bajo número de individuos de *D. pulex* en la estación cuatro permite que la comunidad de protozoarios y rotíferos presenten mayor riqueza y abundancia a comparación con otras estaciones.

Los demás parámetros descriptores de la comunidad parecieron no verse modulados por la temporalidad en la que se efectuó el estudio pero si mostraron diferencias desde una perspectiva espacial. Las condiciones de afinidad faunística

entre las diferentes estaciones fue de relativa semejanza, presentándose mayores niveles de afinidad entre las estaciones limnéticas, que mostraron una afinidad de iguales, siendo dominadas por cladóceros y rotíferos. La estación más litoral y descubierta se encontró dominada numéricamente por *Mesocyclops sp* y la estación cuatro, a su vez, presentó una afinidad faunística alta con todas las estaciones, dado que en solo esta estación se encontró el 91% de las especies encontradas en este estudio y al bajo número de especies con distribución restringida a las otras estaciones.

Las diferencias en composición de la comunidad pueden atribuirse a la forma del fondo del cuerpo de agua, las condiciones de vegetación y la acción del viento (ver figura 1). La estación uno presenta una zona litoral marcada, la estación dos es una estación también litoral pero que presenta una profundidad mayor cerca a la orilla donde además se pueden detectar parches de macrófitas sumergidas. La estación tres se encuentra protegida de la acción de los vientos por un conjunto de viviendas que representa una barrera contra los vientos, además, esta estación fue la mas profunda y se encuentra rodeada de parches de macrófitas emergentes. La estación cuatro presentó una heterogeneidad espacial y reducción del volumen de agua en superficie debido a la presencia de macrófitas, en especial *Typha enea*, además es una zona donde se presenta un drenaje que aporta sus aguas al humedal, lo que no solo contribuiría a la condición de estabilidad de la profundidad de la columna de agua sino que además realizaría

un proceso de contaminación por posible vertimiento de aguas domesticas (López, 2008., Botero & Asociados, sin fecha).

La configuración espacial de la comunidad pareció también responder al movimiento general del epilimnion, el cual esta condicionado por el patrón de general de los vientos (Oriente - Occidente) de la capital. Una especie como *Mesocyclops sp.* presenta una ventaja en migración y desplazamiento comparada con otras especies en la comunidad, esta condición, permitiría a *Mesocyclops sp.* colonizar y mantener una población estable en ambientes con influencia del viento, como es el caso de las zonas litorales despejadas, caso tal de la estación uno, que favoreció la presencia de especies adaptadas a zonas litorales. Por otra parte, la dominancia de *D. pulex* en las estaciones dos y tres puede presentarse debido a que le favorecen las condiciones de poca profundidad en los cuerpos de agua, ya que las condiciones de poca profundidad no permitirían una migración vertical amplia y sumado a que el espejo de agua se encuentra descubierto, las poblaciones de especies con poca selectividad filtradora y de típica alimentación sobre los fondos y superficies como *D. pulex* se ven favorecidas (Margalef, 1983, Scholten, 2005).

La variación espacial dada según las corrientes de agua predominantes y características como la presencia de vegetación sumergida o emergente, que condicionan la comunidad aumentando las poblaciones de organismos como

rotíferos, que encuentran puntos de apoyo para sujetarse en condiciones de poca estabilidad de la columna de agua; además, los cladóceros aprovechan estas superficies para hacer barridos en busca de alimento (Scholten,2005).

La configuración de la comunidad zooplanctónica en la estación cuatro no solo se encontraría condicionada por factores de contaminación, sino por su ubicación en el humedal, en donde recibe todo el empuje de la corriente de agua que en mayor o menor medida aportaría poblaciones de rotíferos, cladóceros, protozoarios y copépodos. Sumado esto a las perturbaciones que se presentan en esa zona del humedal por acción de drenajes cruzados y a la heterogeneidad espacial y alimenticia da como resultado una zona con características biológicas diferentes a las encontradas en las demás estaciones de muestreo estudiadas, lo que se refleja en un incremento en la riqueza, diversidad, composición y abundancia de las comunidades. Otro posible beneficio que ofrecen los hábitats con macrófitas es el de refugio (Kippen, 2007). De igual forma Pecorari *et al* (2006) encontraron que las descargas urbanas afectan a los rotíferos de forma más positiva que de forma negativa, al contribuir con nutrientes orgánicos, reflejándose en mayores niveles de riqueza de especies en comparación con las estaciones ubicadas fuera del área de afectación de las descargas, como podría estar sucediendo en la estación cuatro.

La aplicación del índice de estado trófico en base a la diversidad de la comunidad zooplanctónica propuesto por Andronikova (1989., en Krupa, 2007) mostró una tendencia del sistema a la eutrofia en casi toda su extensión de espejo de agua, presentando bajos niveles de diversidad y mostrando en forma constante a especies típicas de ambientes eutrofizados tales como *D. pulex* (Hessen, 1962), *Mesocyclops sp* (Sendacz *et al*, 2006), *B. quadridentatus*, *T. patina* (De Paggi & Paggi, 2007) y *A. discoides* (Finlay, 1998).

La aplicación de este índice en cada estación de muestreo reveló que existen diferencias en el estado trófico para cada zona del humedal, en donde se encuentran valores eutróficos en las estaciones mas litorales, mientras en la región más profunda presentó un valor mesotrófico y en la región destinada al crecimiento de macrófitas (E4), se presentaron valores de diversidad característicos de cuerpos de agua oligotróficos. Resultados similares ha sido reportados para lagos eutróficos en Suramérica, Fabián (1997) reporta valores de diversidad entre 0.53 bits y 2.62 bits en el lago Ton-Ton, en Uruguay, y en cuerpos de agua con espejo de agua reducido y con abundantes macrófitas emergentes, la diversidad puede variar entre 0,39 bits y 3.84 bits en las diferentes zonas del lago, siendo mayor en las zonas con macrófitas (Kippen, 2007).

Blanco (2008), en las mismas zonas de muestreo empleadas en este estudio encontró una mesotrofia dominante en las estaciones 1, 2 y 3; mientras que la



estación cuatro presentó un valor de oligo-mesotrofia, situación también encontrada en este estudio y que ayuda a poner en evidencia la similitud entre las estaciones 1, 2 y 3 y a resaltar la importancia ecológica que presenta la estación destinada al crecimiento de macrófitas. Blanco además encontró los mayores niveles de diversidad y riqueza de especies de fitoplancton en la estación 4, situación idéntica a la reportada por la comunidad zooplanctónica cuya estructura es modulada entre otras, por la oferta alimenticia disponible, que al ser diversa permite la segregación de recursos entre los organismos.

*Moina* sp, se encontró únicamente en la estación 4, lo que la postula como indicador de ambientes oligotróficos, en un estudio bajo condiciones de laboratorio se encontró que *Moina* presenta un desarrollo favorecido al alimentarse de algas con bajo contenido de N y P (Prieto *et al*, 2006), información confirmada por Pennak (1978, en Ramírez, 1997), quien reporta mayores abundancias de este cladócero en sitios oligotróficos, señalando a *Moina* como confirmando su posible aplicación como bioindicador en regiones tropicales, donde puede encontrarse de forma frecuente (Guillot, 1999., Gallo *et al*, 2004., Gaviria, 2000).

La valoración saprobia (Sladeczek, 1983) revelada por la presencia de especies indicadoras de rotíferos ubica el cuerpo de agua del humedal en una valencia Oligo –  $\beta$  mesosaprobia, esta indicación es igual para las estaciones de muestreo y no se observa variación en la valencia saprobia hallada en las estaciones de

muestreo en base a la rotíferofauna encontrada. Esta condición además esta reflejada por la gran variedad de especies encontradas para el humedal, especialmente en la zona destinada al crecimiento de macrófitas, característica que según Streble & Krauter (1987) es típica de zonas  $\beta$ -mesosapróbicas. Estos valores de saprobiedad encontrados son concordantes con los arrojados por el índice de estado trófico propuesto por Andronikova (1989, en Krupa, 2007), debido a que los rotíferos oligosaprobicos y xenosaprobicos indican un carácter oligotrófico, mientras que rotíferos  $\alpha$  -  $\beta$  mesosaprobicos son indicadores de aguas eutróficas (Sladeczek, 1983).

Teniendo en cuenta que la eutrofización por parte de las aguas residuales domesticas y abonos minerales usados en la agricultura, conduce a una multiplicación masiva del fitoplancton, generando que estos cuerpos de agua deriven cada vez mas hacia una valencia  $\beta$ -mesosapróbica, e incluso cerca a la  $\alpha$  -mesosaprobiedad (Streble & Krauter, 1987), este proceso se ha reportado para el humedal Santa María del Lago, lo que permite inferir la condición oligo-mesotrofica del humedal, ya que presenta condiciones de contaminación media, evidenciada por la presencia de organismos indicadores, los altos registros de abundancia encontrados y la distribución que presentan las poblaciones en la comunidad estudiada.

## 7. CONSIDERACIONES FINALES

Los valores altos en densidad y riqueza de especies en el mes de Diciembre pudieron estar condicionados por la periodicidad con la que se efectuó el muestreo, en este mes por motivos de logística la fase de campo se adelanto 15 días a la fecha prevista, es decir que se redujo la temporalidad con la que se efectuó el muestreo, pudiendo mostrar resultados diferentes a los que se consiguieron de forma mensual, lapso en el que se puede desestimar la dinámica de las diferentes poblaciones y comunidades (grupos constituyentes), como en el caso de cladóceros y rotíferos, que pueden presentar ciclos de vida mas cortos al mes.

La descripción realizada de la comunidad zooplanctónica en este estudio, debe asumir algunas restricciones a nivel de la muestra, ya que el estudio se realizó en el rango del medio día, cuando las mediciones de parámetros físicos y químicos de la columna de agua pueden ser engañosos, además, siguiendo esta metodología se desestima la posible migración vertical que presenten algunos miembros de la comunidad zooplanctónica; así como tampoco considera la posible depredación por parte de invertebrados y vertebrados de mayores tamaños que pueden regular la dinámica poblacional de diferentes especies; además, la capacidad filtradora de la red empleada puede arrojar resultados donde se desestime la abundancia y composición de la comunidad de rotíferos y protozoos.

La implementación de índices de estado trófico o calidad de aguas en la región neotropical ha sido materia de discusión debido a la carencia de herramientas desarrolladas para la región. Se hace necesario desarrollar metodologías aplicables a la región neotropical, en especial la región andina, que al presentar variaciones en altitud presenta condiciones distintas en la dinámica de parámetros fisicoquímicos que a su vez modulan las poblaciones vivas. En este tipo de estudios es necesaria la información aportada por la materia orgánica disuelta y la biomasa de los diferentes constituyentes de las comunidades, que responden en forma positiva ante eventuales procesos de aumento en la concentración de nutrientes, cabe resaltar las recomendaciones propuestas por López (2008), que señala otros factores cualitativos como el olor y color del agua, el color, olor y composición de los sedimentos, junto con el olor a H<sub>2</sub>S pueden ser utilizados para inferir el estado trófico del humedal y que en el caso del humedal Santa María del Lago son indicadores de un proceso de eutroficación.

Estudios por venir deberían incluir un análisis a nivel específico sobre los individuos que muestren alguna relación con parámetros físicos y químicos, se recomienda especial atención sobre bioindicadores reconocidos así como los rotíferos y protozoarios, que presentan distribuciones limitadas según las condiciones del medio en el que se encuentran.

## 8. CONCLUSIONES

- La estructura de la comunidad zooplanctónica presenta características de un sistema eutrófico, siendo dominantes los cladóceros, rotíferos, copépodos y protistas en orden de importancia. Condición confirmada por la presencia y dominancia de especies indicadoras de esa condición tales como *Daphnia pulex*, *Mesocyclops sp*, *Arcella discoides*, *Brachionus quadridentatus* y *Testudinella patina*.
- La estructura de la comunidad zooplanctónica fue modulada a nivel temporal por la precipitación; mientras la batimetría, la complejidad estructural y el movimiento de las corrientes modulan la estructura de la comunidad en el cuerpo de agua desde una perspectiva espacial.
- La zona destinada al crecimiento de macrófitas, cumple un rol vital en el humedal ya que presenta los mayores niveles de riqueza y diversidad de especies de la comunidad zooplanctónica.
- La calidad del agua del humedal puede ser clasificada como  $\beta$  mesosapróbica, valor que refleja ambientes típicamente contaminados, pero en rangos favorables para el desarrollo de las comunidades vegetales y animales.

## BIBLIOGRAFIA

- Adl, S. Simpson, A. Farmer, M. Andersen, R. Anderson, R. Barta, J. Bowser, S. Brugerrole, G. Fensome, R. Fredericq, S. James, T. Karpov, S. Kugrens, P. Krug, J. Lane, C. Lewis, L. Lodge, J. Lynn, D. Mann, D. McCourt, R. Mendoza, L. Moestrup, O. Standridge, S. E. Nerad, T. Shearer, C. Smirnov, A. Spiegel, F. Taylor, M. 2005. The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. *J. eukaryot. Microbiol.* Vol. 25 ( 2).
- Aranguren, N. J. Sosa, C. E. 2003. Estructura de la comunidad zooplanctónica (copépodos y cladóceros) en tres lagunas colombianas de alta montaña. *Ciencia en Desarrollo* Vol. 1 (1).
- Barón-Rodríguez. M. Gavlian-Diaz. R. Ramírez. J. J. 2006. Variabilidad espacial y temporal en la comunidad de cladóceros de la Ciénaga de Paredes (Santander, Colombia) a lo largo de un ciclo anual. *Limnetica* Vol 25 (3)
- Barrabin, J. 2000. The rotifers of spanish reservoirs: ecological systematical and zoographical remarks. *Limnetica* 19.
- Blanco. L. 2008. Influencia de algunas variables abióticas sobre el fitoplancton del humedal Santa María del Lago (Bogotá D.C., Colombia) durante el periodo 26. may.– 29.sep.06. Tesis de pregrado. Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Militar Nueva granada. Bogotá, Colombia.

Berzins B. 1960. ICES Identification Leaflets for Plankton. International Council for the Exploration of the Sea.

Berzins, B. Pejler, B. 1987. Rotifer Occurrence in relation to pH. *Hydrobiologia* 147.

Bonecker. C. Da Costa. C. Machado. L. Lansac-Toha. F. 2005. Diversity and abundance of planktonic rotifers on different environment of the upper Paraná River floodplain (Paraná State – Mato Grosso do Sul State, Brazil). *Hydrobiologia* 546

Botero D. & Asociados Carrillo Rodríguez y CIA. Informe final Proyecto Plan Maestro para el humedal Santa María del Lago. Consultoría realizada para el Departamento Administrativo del Medio Ambiente D.A.M.A. Santa Fe de Bogotá, Unión temporal Botero D: & Asociados Carrillo Rodríguez y CIA.

Boxshall. G. Defaye. D. 2008. Global diversity of copepods (Crustacea: Copepoda) in freshwater. *Hydrobiologia*.

Celis. S. Mancera. E. León. J. 2008. Evaluación de la rotiferofauna presente en el complejo de pajarales durante la época lluviosa, departamento de Magdalena, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* Vol. 13 (2)

Chang. K., Hanazato. T. 2005. Impact of selective predation by *Mesocyclops* on an zooplankton community: experimental analysis using mesocosms. *Ecological Research*, vol. 20.

Conde, J. M. Ramos, E. Morales, R. 2004. El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. Revista Ecosistemas Vol. XIII (002). Asociacion Española de Ecologia Terrestre. Alicante, España.

DAMA. 2006. Política de Humedales del Distrito Capital. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., DAMA. Bogotá D.C. Colombia.

Daniel, O. 1998. Subsidios al índice de diversidad Shannon. Congreso Latinoamericano IUFRO. Tema 3, CD-ROM. Valdivia- Chile.

De Infante, A. 1988. El plancton de las aguas continentales. Secretariado General de la Organización de Estados Americanos – Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington D.C.

Donato, J. 1991. Los sistemas acuáticos de Colombia: síntesis y revisión. Cuaderno Divulgativo no. 4. Facultad de Ciencias, Universidad Javeriana. Bogotá. . ISSN:0121-3253

Donato J., González L. E., Rodríguez C. L. 1996. Ecología de dos sistemas acuáticos de paramo. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Editora Guadalupe. Bogotá, Colombia.

Edmonson. W. T. 1946. Factors in the dynamics of rotifer populations. Ecological Monographs Vol 16 (4)

Fabian, D. Cruz, L. 1997. Variaciones espaciales y temporales del zooplancton en un lago monomíctico eutrófico (Lago Ton-Ton, Uruguay). Limnetica Vol. 13 (1).



Finlay. B.J. & Esteban. G. F. 1998. Freshwater protozoa: biodiversity and ecological function. *Biodiversity and Conservation* Vol.7 (1)

Duggant, I. C., Green. J., Shiel. R. 2002. Distribution of rotifer assemblages in North Island, New Zealand. Lakes: relationships to environmental and historical factors. *Freshwater Biology*. Vol. 20 no. 2.

Dumont, H.J. 1983, Biogeography of rotifers. *Hydrobiologia* 104: 19-30.

Forró, L. Korovchinsky. N. M. Kotov. A. A. Petrusek. A. 2008. Global diversity of cladocerans (Cladocera: Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia*

Frisch, D. Moreno, E. Green, A. 2006. Species richness and distribution of copepods and cladocerans and their relation to hydroperiod and other environmental variables in Doñana, south-west Spain. *Hydrobiologia*

Gannon, J. E. Stemberg, R. S. 1978. Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. *Trans. Amer. Micros. Soc.* Vol 97(1).

Gallo, L. Gaviria, S. Ramírez, J. J. 2004. Dinamica de la comunidad zooplanctonica (excepto protozoa) en la Laguna Parque Norte, Medellín, (Antioquia, Colombia). *Actualidades Biologicas* Vol. 26 (81).

Gaviria, S. 2000. Estado actual del conocimiento de la biodiversidad y biogeografía de los cladóceros y copépodos de las aguas epicontinentales de Colombia. Congreso Colombiano de Zoología. Bogotá. Colombia.

- b . 2000. Estudios sobre el Zooplancton de aguas limnéticas de Colombia. Congreso Colombiano de Zoología. Bogotá. Colombia
- Gaviria. S. & Aranguren. N. 2006. Especies de vida libre la subclase copépoda ( Arthropoda, Crustacea) en aguas continentales de Colombia. Biota Colombiana Vol 8(1)
- Gilbert. J. J., Stemberg. R.S. 1985. Control of *Keratella* populations by interference competition by *Daphnia*. Limnology and Oceanography, vol 34.
- González. E. Ortaz. M. Matos. M. Mendoza. J. Peñaherrera. C. Carrilo. V. 2002. Zooplancton de dos embalses neotropicales con distintos estados tróficos. Revista Interciencia Vol 27 (2)
- González. M. & Garcia. D. 1984. Desarrollo de un índice biológico para estimar la calidad de aguas de la cuenca del Duero. Limnetica 1
- Guevara. G. Lozano. P. Reinoso. G. Villa. F. 2008. Horizontal and Seasonal patterns of tropical zooplankton from the eutrophic Prado Reservoir (Colombia). Limnológica
- Gutierrez-Aguirre. M. A. Suarez-Morales. E. Cervantes- Martinez. A. Elías-Gutierrez. M. Previatelli. D. 2006. The neotropical species of Mesocyclops (Copepoda: Cyclopoida): an upgraded identification key and comments on selected taxa. Journal of Natural History Vol 40 (9)
- Hauer., J. 1956. Rotatorien aus Venezuela und Kolumbien. Ergebn. Dt. Limnol. Venezuela. Exp 1952.

Hernandez, C. Argüello, H. Nates, J. Sin Fecha. Plan de Manejo Ambiental Del Parque Ecológico Distrital Humedal Tibanica. Componente Ecologico. DAMA. Bogotá Colombia. Disponible en la web (último acceso: 27 septiembre 2009): <http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/tibanica/03%20Componente%20ecologico.pdf>

Herrera. Y., Guillot. G. 1999. Composición taxonómica del zooplancton del embalse de Betania, Departamento del Huila, Colombia. Acta Biológica Colombiana Vol. 4 (1).

Hessen. D. 1992. Nutrient Element Limitation of Zooplankton Production. The American Naturalist Vol 140 (5)

Jaramillo, J. C. Gaviria, S. 2003. Caracterización física, química y estructura de la comunidad zooplanctónica de un pequeño lago tropical, Lago Santander (Rionegro, Antioquia, Colombia). Caldasia Vol. 25 (2).

Kippen, N. 2007. Habitat choice in rotífera of three shallow lakes: impact on the macrophyte substratum and season. Hydrobiologia 593.

Koch, U. Von Elert, E. Straile, D. 2009. Food quality triggers the reproductive mode in the cyclical parthenogen Daphnia (Cladocera). Oecologia Vol. 159 (2).

Koste. W. Jose de Paggi. S. 1982. Rotifera of the order Monogononta recorded from the neotropis. Gewässer und Abwässer 68/69

Krupa, E. G. 2006. Structural characteristics of zooplankton of the Shardarinskoe Reservoir and their use in Water Quality Assesment. Water Resources Vol 7 (6)

Landau. S. & Everitt. B. 2004. A handbook of statistical analysis using SPSS. Chapman & Hall CRC Press Company.

López. R. 2008. Estado trófico de un humedal urbano, andino, tropical: Santa María del Lago, Bogotá, D.C. Colombia. Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias Basicas, Universidad Militar Nueva Granada. Informe Final proyecto CIAS-2004014, Bogotá. D.C.

Lougheed. V. & Chow- Fraser. P. 2002. Development and use of a Zooplankton Index of Wetland Quality in the Laurentian Great Basins. Ecological applications Vol. 12 (2)

Margalef, R. 1983. Limnología. Ediciones Omega. Barcelona.

Marciales. L., Díaz. J., Otero. P., Ramirez. J., Tepes. H., Albañez. H., Gonzalez. O., Robles. V., Casallas. P. 2008. Caracterización de la comunidad planctónica de tres lagunas asociadas a la cuenca del rio Meta, municipio de Puerto Lopez, Meta, Colombia. Memorias IV congreso de acuicultura. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias Vol. 21 (3).

Marnefe, Y. Comblin, S. Thomé, J. P. 1998. Ecological water quality assessment of the Bütgenbach lake (Belgium) and its impact on the River Warche using rotíferos as bioindicators. Hydrobiologia 387.

Martin. J., Davis. G. 2001. An updated classification on the recent crustacea. Natural History Museum of Los Angeles Country. Los Angeles, California, United States of America.

Mehotcheva T. 2008. The Kruskal - Walis Test. Seminar in Methodology & Statistics. Universidad de Groningen, Holanda.

Mieleitner. J., Borsuk. M., Bürgi H., Reichert. P. 2008. Indetifying functional groups of phytoplankton using data from three lakes of different trophic state. Aquatic Science, Vol 70.

Mikrjukov, K. Patterson, D. 2001. Taxonomy and phylogeny of Heliozoa. III. Actinophryids. Acta Protozoologica Vol. 40 (3).

Montient-art. B., Nakazoko. T., Odahara. T., Okamoto C., Kikuchi. M., Kabata. K. 1998. Relationship between zooplankton and wáter quality in Kumamoto Zoo basin. Proch. Sch. Agric. Vol. 17

Monroy. J. D. Aranguren. N. Gaviria. S. Los crustáceos planctónicos del Lago Tota (Boyacá, Colombia). Ciencia en Desarrollo Vol 1 (2).

Montealegre J. E. 2001. Atlas Climatologico de Colombia, IDEAM.Capitulo 2 El Niño/La Niña en Colombia.

Motulsky H.J. 1999. Analyzing Data with Graph Pad Prism, Graph Pad Software Inc. San Diego, EEUUA

Neves. I.F. Rocha. O. Roche. K. F. Pinto. A. A. 2003. Zooplankton community structure of two marginal lakes of the river Cuiabá (Mato Grosso, Brazil) with analysis of rotifer and cladocera diversity. Brazilian Journal of Biology Vol 63 (2)

Pecorari. S., José de Paggi. S., Paggi. J. C. 2006. Assesment of the Urbanization Effect on a lake by Zooplankton. Water Resources Vol. 33 (6)

Paredes. C. Iannacome. J. Alvaríño. L. 2007. Biodiversidad de invertebrados de los humedales de Puerto Viejo, Lima, Peru. *Neotropical Helminthology* Vol 1(1).

Pecorari, S. José de Paggi, S. Paggi, J.C. 2006. Assesment of the urbanization effect on a lake by zooplankton. *Water Resources* Vol. 33 (6).

Pennak, R. W.. 1946. The dynamics of Fresh-water plankton populations. *Ecological Monographs* Vol. 16 (4).

Pennak, R. W. 1957. Species Composition of Limnetic Zooplankton Communities. *Limnology and Oceanography* Vol. 2 (3).

Pinto-Coelho, R. Pinel, B. Methót, G. Havens, K. E.2005. Crustacean zooplankton in lakes and reservoirs of temperate and tropical regions: variation with trophic status. *Can.J, Fish. Aquat. Sci.* 348

Ramirez. J. J. Diaz. A. 1997. Fluctuacion estacional del zooplancton en la laguna del Parque Norte, Medellín, Colombia. *Revista Biología Tropical* 44 (3)

Ramírez. J. J., Gutiérrez. F., Vargas. A. 2005. Respuesta de la comunidad fitoplanctonica a experimentos de eutrofización artificial realizados en la represa La Fe, El Retiro, Antioquia, Colombia. *Caldasia*, vol. 27(1).

Reed. E. 1962. Freshwater plankton Crustacea of the Colville River area, northern Alaska. *Arctic*, v. 15 no. 1

Rodriguez. C. 2003. Cambios en la estructura de la comunidad de rotíferos en el lago Yahuaraca, planicie de inundación del río Amazonas (Amazonía, colombiana). Tesis de pregrado Universidad Javeriana. Bogotá.

Rogozin. A.G. 2000. Specific Structural Features of Zooplankton in Lakes differing in Trophic State Status: Species Populations. Russian Journal of Ecology Vol. 31 (6)

Ruttner-Kolisko A. 1974. Plankton Rotifers, Biology and taxonomy. Die Binnengewässer. Stuttgart, Alemania.

Saunders. J. Lewins. W. 1988. Dynamics and Control Mechanisms in a Tropical Zooplankton Community (Lake Valencia, Venezuela). Ecological Monographs Vol 58(4)

Scholten, M.C. Foekema, E. M. Van Dokkum, H. P. Kaag, N. Jak, R.G. 2005. Eutrophication Management and Ecotoxicology. Springer. Berlin, Germany.

Segers. H. Kotehip. W. Sanoamuang. L. 2004. Biodiversity of freshwater microfauna in the floodplain of the river Mun, Northeast Thailand: the rotifer monogonta. Hydrobiologia 5 (15).

Sládesek, V. 2005. Rotifers as indicators of water quality. Hydrobiol., v. 100, p.169 - 201, 1983.

Streble, H. Krauter, D. 1987. Atlas de los Microorganismos de Agua Dulce, la vida en una gota de agua. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España.

Utz. L. & Bohrer-Morel. M. B. 2008. Characterization of the zooplankton community of the secondary wastewater treatment system of an oil refinery in southern Brazil. *Biociências* Vol 16 (1).

Wickham. E. A., Gilbert. J. J. 1991. Relative vulnerabilities of natural and ciliate communities to cladocerans: laboratory and field experiments. *Freshwater Biology*, vol 26.

Williamson. C. 1986. The swimming and feeding ecology of *Mesocyclops*. *Hydrobiologia*. Vol. 134.

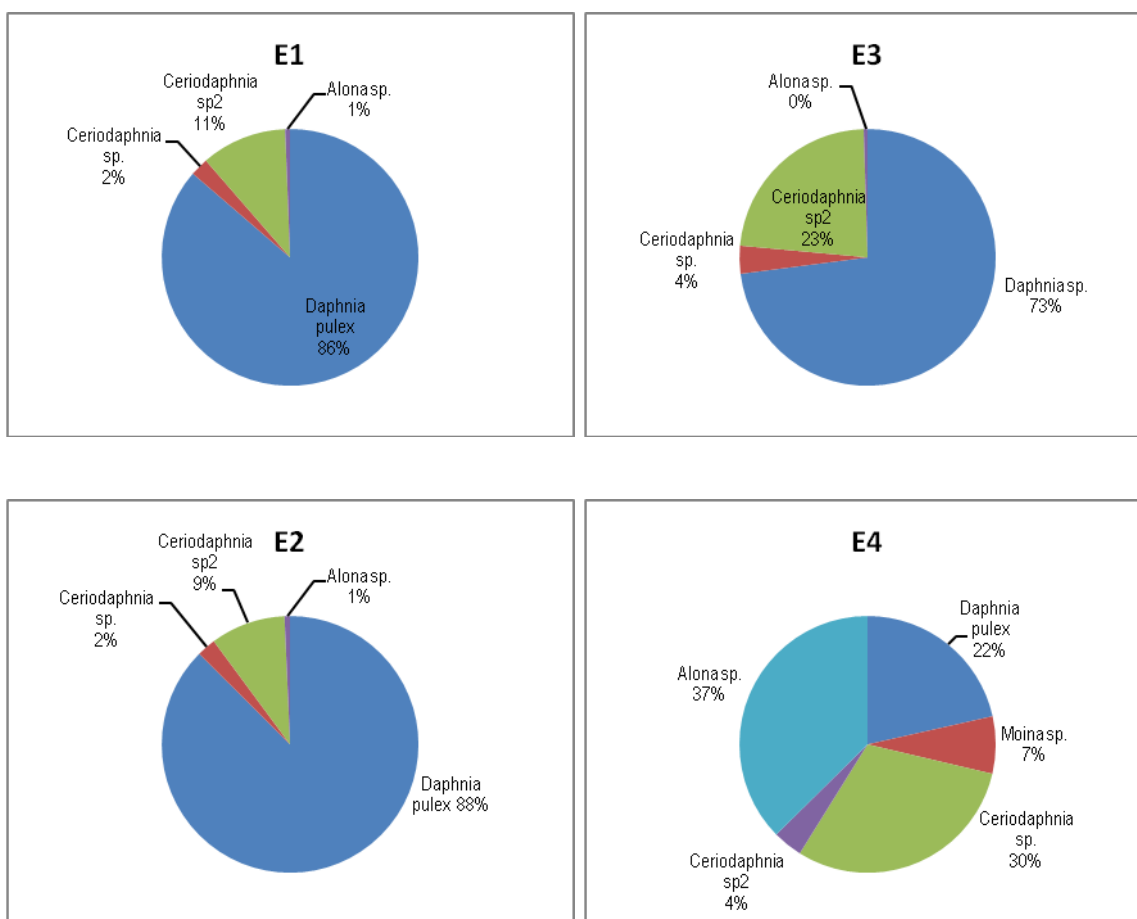
Xu. F., Jorgensen. S., Tao. S. 1999. Ecological indicators for assesing freshwater ecosystem health. *Ecological Modelling* Vol 116.

Yigit, S. 2006. Analysis of the zooplankton community by the Shannon-Weaver Index in Kesikköprü Dam Lake, turkey. *Tarim Bilimleri Dergisi* Vol. 12 (2).

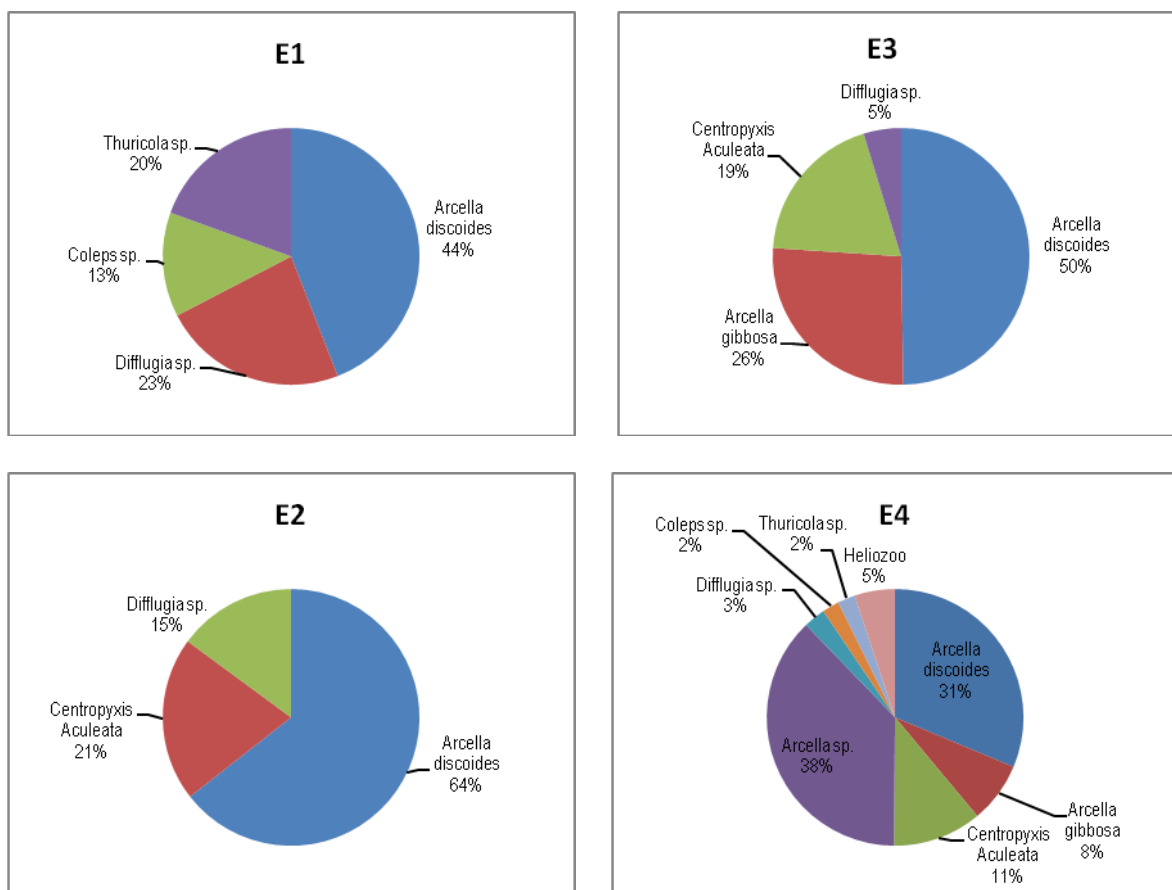


## ANEXOS

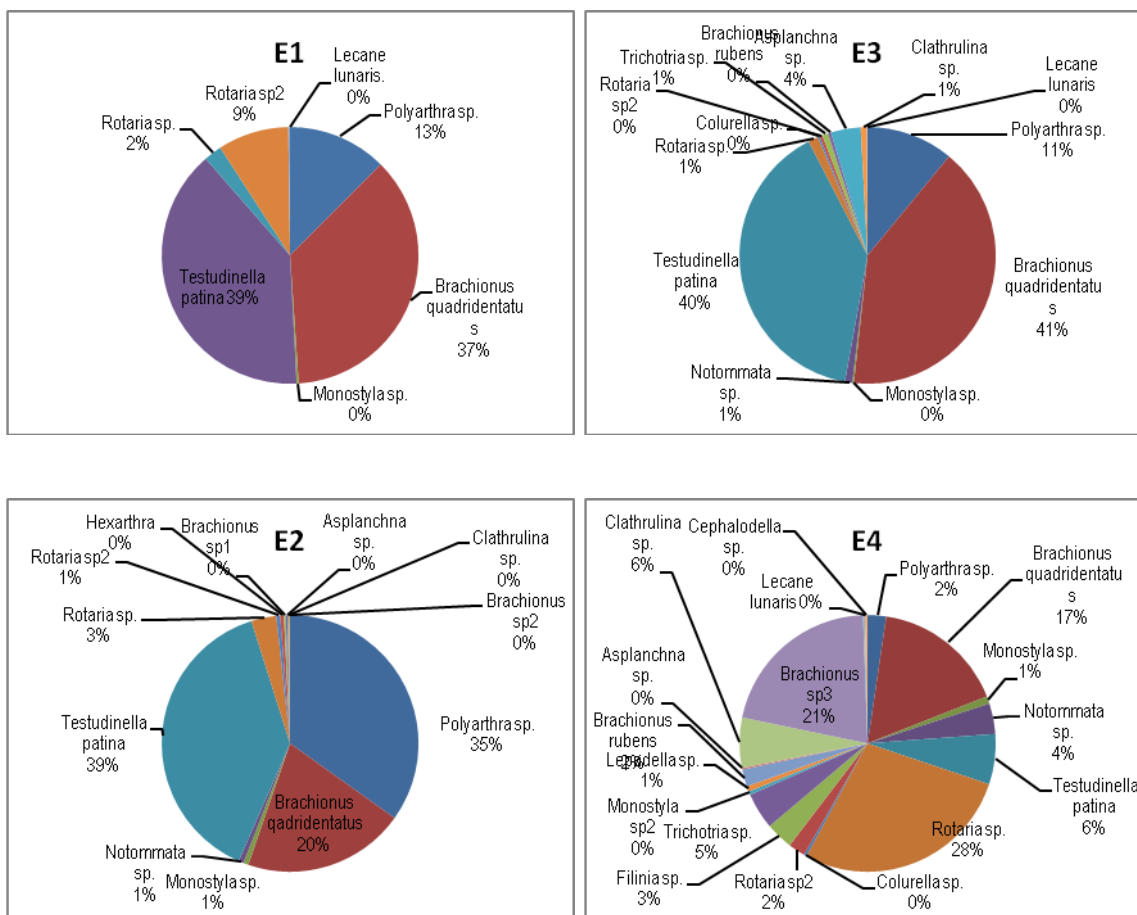
Anexo 1. Abundancia relativa de cladóceros en el humedal Santa María del Lago, periodo octubre 2006 – abril 2007.



Anexo 2. Abundancia relativa de Protozoarios en el humedal Santa María del Lago, periodo octubre 2006 – abril 2007.



Anexo 3. Abundancia relativa de rotíferos en el humedal Santa Maria del Lago, periodo octubre 2006 – abril 2007.



Anexo 4. Resultados del análisis de varianza no parametrico Kruskal – Wallis aplicado a las densidades de los grupos constituyentes, por estación (realizado con SPSS®).

#### Rangos

	Est	N	Rango promedio
Cop	1,00	1	2,00
	2,00	1	4,00
	3,00	1	3,00
	4,00	1	1,00
	Total	4	
Cla	1,00	1	4,00
	2,00	1	2,00
	3,00	1	1,00
	4,00	1	3,00
	Total	4	
Pro	1,00	1	2,00
	2,00	1	1,00
	3,00	1	3,00
	4,00	1	4,00
	Total	4	
Rot	1,00	1	1,00
	2,00	1	2,00
	3,00	1	3,00
	4,00	1	4,00
	Total	4	

**Estadísticos de contraste(a,b)** a Prueba de Kruskal-Wallis b Variable de agrupación: Est

	Cop	Cla	Pro	Rot
Chi-cuadrado	3,000	3,000	3,000	3,000
gl	3	3	3	3
Sig. asintót.	,392	,392	,392	,392

Anexo 5. Resultados del análisis de varianza no parametrico Kruskal – Wallis aplicado a las densidades de los grupos constituyentes, por mes (realizado con SPSS®).

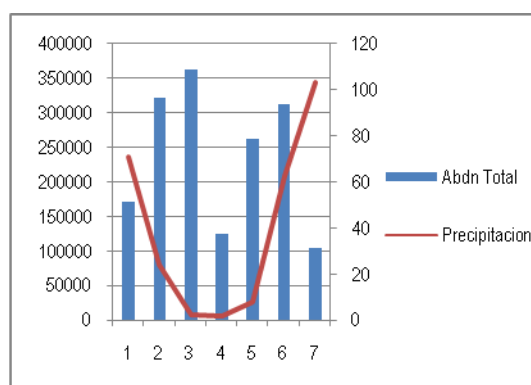
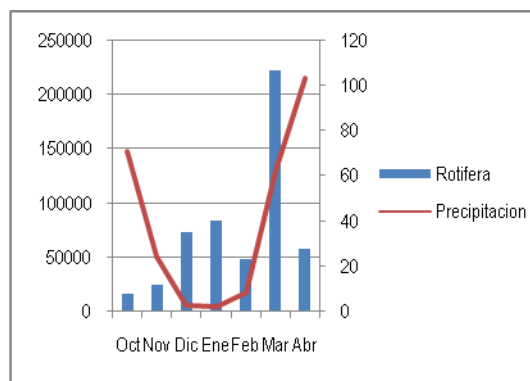
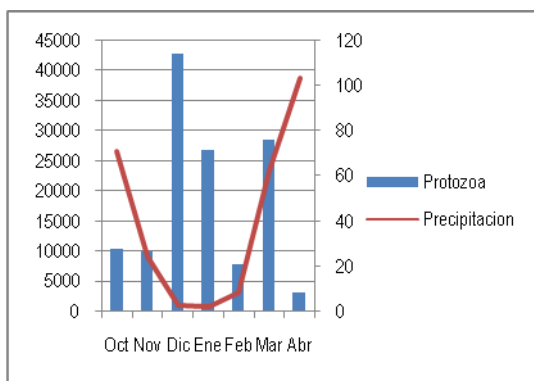
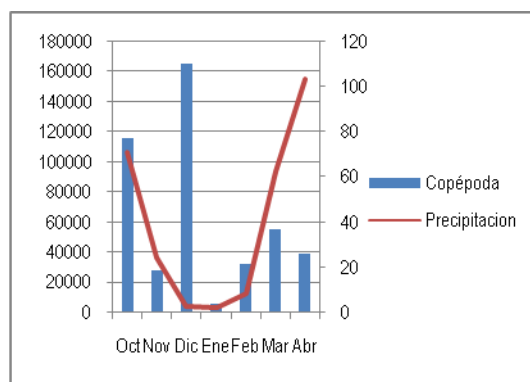
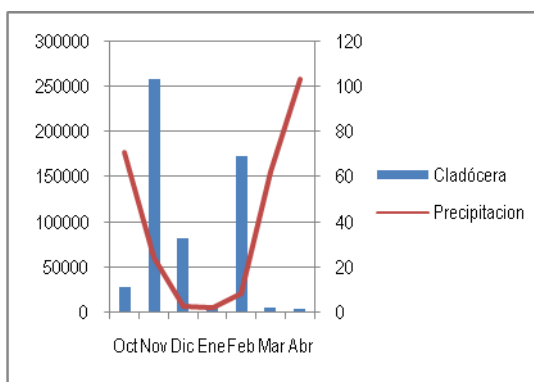
#### Rangos

	mes	N	Rango promedio
Cop	1,00	1	6,00
	2,00	1	2,00
	3,00	1	7,00
	4,00	1	1,00
	5,00	1	3,00
	6,00	1	5,00
	7,00	1	4,00
	Total	7	
Rot	1,00	1	1,00
	2,00	1	2,00
	3,00	1	5,00
	4,00	1	6,00
	5,00	1	3,00
	6,00	1	7,00
	7,00	1	4,00
	Total	7	
Cla	1,00	1	4,00
	2,00	1	7,00
	3,00	1	5,00
	4,00	1	3,00
	5,00	1	6,00
	6,00	1	2,00
	7,00	1	1,00
	Total	7	
Pro	1,00	1	4,00
	2,00	1	3,00
	3,00	1	7,00
	4,00	1	5,00
	5,00	1	2,00
	6,00	1	6,00
	7,00	1	1,00
	Total	7	

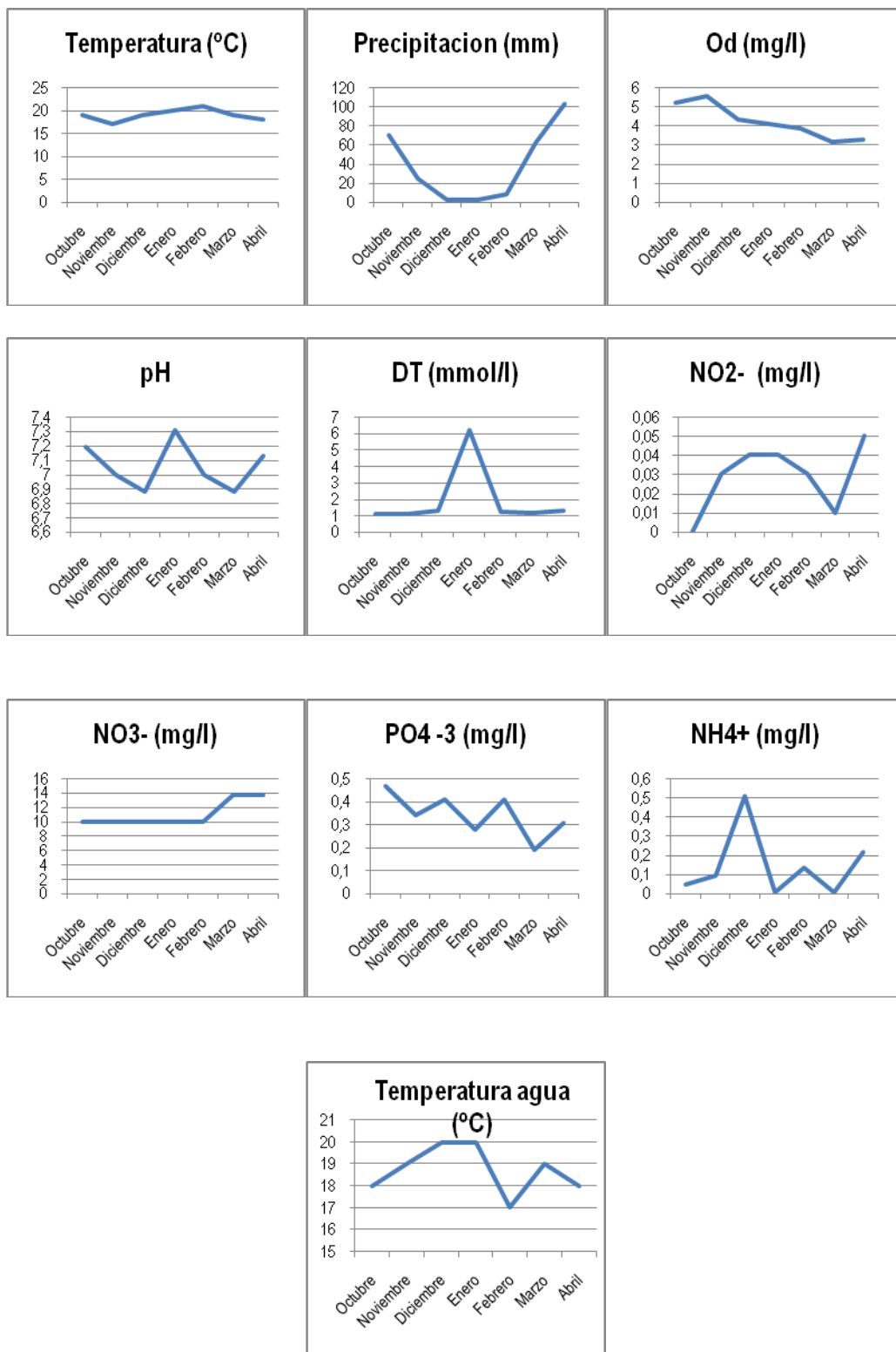
**Estadísticos de contraste(a,b)** a Prueba de Kruskal-Wallis b Variable de agrupación: mes

	Cop	Rot	Cla	Pro
Chi-cuadrado	6,000	6,000	6,000	6,000
gl	6	6	6	6
Sig. asintót.	,423	,423	,423	,423

Anexo 6. Relacion entre la abundancia total de individuos y de los diferentes grupos constituyentes con la precipitación.

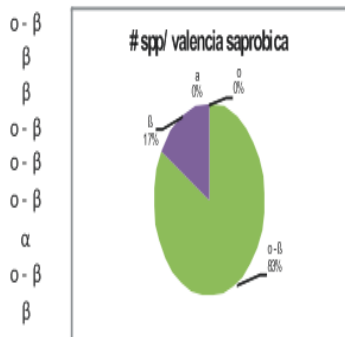


Anexo 7. Comportamiento de algunas variables abioticas presentadas en el periodo de estudio. Modificadas de Lopez (2008).



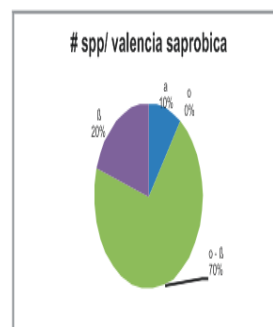
Anexo 8. Valencias sapróbicas de las estaciones de muestreo, a partir de especies representantes indicadoras, según Sladeczek (1983). A. E1, B. E2, C.E3, D. E4

*Polyarthra* sp. o -  $\beta$   
*B. quadridentatus*  $\beta$   
*T. pala*  $\beta$   
*Rotaria* sp. o -  $\beta$   
*Rotaria* sp2 o -  $\beta$   
*Hexarthra* sp o -  $\beta$   
*B. rubens*  $\alpha$   
*Asplanchna* sp. o -  $\beta$   
*Brachionus* sp  $\beta$



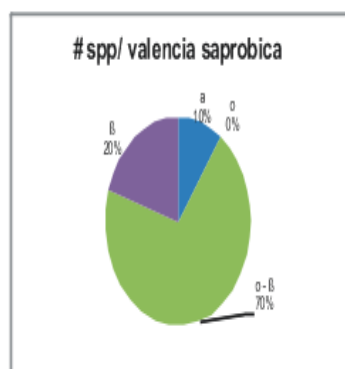
A.

*Polyarthra* sp. o -  $\beta$   
*B. quadridentatus*  $\beta$   
*T. pala* o -  $\beta$   
*Rotaria* sp. o -  $\beta$   
*Rotaria* sp2 o -  $\beta$   
*Lecane* sp. o -  $\beta$



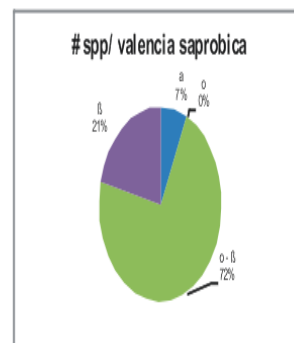
B.

*Polyarthra* sp. o -  $\beta$   
*B. quadridentatus*  $\beta$   
*Notommata* sp. o -  $\beta$   
*T. patina*  $\beta$   
*Rotaria* sp. o -  $\beta$   
*Colurella* sp. o -  $\beta$   
*Rotaria* sp2 o -  $\beta$   
*B. rubens*  $\alpha$   
*Asplanchna* sp. o -  $\beta$   
*L. lunaris* o -  $\beta$



C.

*Polyarthra* sp. o -  $\beta$   
*B. quadridentatus*  $\beta$   
*Notommata* sp. o -  $\beta$   
*T. patina*  $\beta$   
*Rotaria* sp. o -  $\beta$   
*Colurella* sp. o -  $\beta$   
*Rotaria* sp2 o -  $\beta$   
*Filinia* sp. o -  $\beta$   
*Lepadella* sp. o -  $\beta$   
*B. rubens*  $\alpha$   
*Asplanchna* sp. o -  $\beta$   
*Brachionus* sp2  $\beta$   
*Lecane* sp. o -  $\beta$   
*Cephalodella* sp. o -  $\beta$



D.



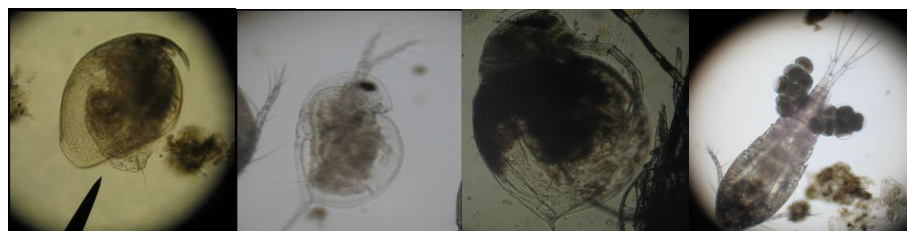
Anexo 9. Individuos por metro cubico (Ind/m<sup>3</sup>) por estación de muestreo en los meses del año 2006.

Grupo constituyente	taxón	Octubre				Noviembre				Diciembre			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Cladócera	Daphnia pulex	6468	997	1700	635	28280	94643	99588	7362	29411	23191	11581	2198
Cladócera	Moina sp.	0	0	0	2770	0	0	0	0	0	0	0	1099
Cladócera	Ceriodaphnia sp.	0	0	0	15696	1885	4221	3494	2454	0	0	751	0
Cladócera	Alona sp.	0	0	0	0	0	1299	0	4417	0	0	0	2198
Cladócera	Ceriodaphnia sp2	0	0	0	0	157	649	10509	0	6379	2290	2719	0
Copépoda	Mesocyclops sp.	51629	17943	10754	35489	2357	5974	12680	6871	114782	22332	14482	13495
Protozoo	Arcella discoides	348	0	0	2193	0	0	0	4221	0	0	0	8310
Protozoo	Arcella gibbosa	0	0	706	2539	0	0	0	1222	0	0	751	3296
Protozoo	Centropyxis Aculeata	0	0	0	1558	0	0	0	982	0	0	0	0
Protozoo	Arcella sp. dentata	0	0	0	635	0	0	0	3370	0	0	0	24827
Protozoo	Diffugia sp.	0	0	0	1558	0	325	0	0	0	0	0	1202
Protozoo	Euglypha sp.	0	0	0	923	0	0	0	0	0	0	0	0
Protozoo	Thuricola sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2198
Protozoo	Actinosphaerum sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2198
Rotífera	Polyarthra sp	348	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2198
Rotífera	Brachionus quadridentatus	974	1329	235	0	943	779	2885	2454	1074	1432	3413	21908
Rotífera	Monostyla sp.	0	0	0	635	0	162	0	0	0	0	0	0
Rotífera	Notommata sp	0	0	0	1270	0	0	0	982	0	0	0	8413
Rotífera	Testudinella patina	209	2658	1700	2770	1885	0	0	491	2021	573	1445	0
Rotífera	Rotaria sp.	0	0	0	923	0	162	0	6861	0	0	1388	14010
Rotífera	Colurella sp.	0	0	0	923	0	0	0	0	0	0	319	0
Rotífera	Rotaria sp2	0	0	243	2770	0	6006	0	982	0	0	0	1202
Rotífera	Filinia sp.	0	0	0	0	0	0	0	491	0	0	0	0
Rotífera	Trichotria sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	956	10301
Rotífera	Monostyla sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1202
Rotífera	Lepadella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1202
Rotífera	Hexarthra sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotífera	Brachionus rubens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotífera	Brachionus sp	0	0	0	0	157	0	0	0	0	0	0	0
Rotífera	Asplanchna sp.	0	0	0	0	157	0	0	0	0	0	0	0
Rotífera	Clathrulina sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotífera	Brachionus sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotífera	Lecane sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotífera	Cephalodella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Continuación Anexo 9. Individuos por metro cubico (Ind/m<sup>3</sup>) por estación de muestreo en los meses del año 2007.

Grupo constituyente	taxón	Enero				Febrero				Marzo				Abril			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Cladóceras	Daphnia pulex	0	769	3285	0	37240	60322	9129	3137	0	0	278	0	223	2448	344	0
Cladóceras	Moina sp.	0	0	0	601	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cladóceras	Ceriodaphnia sp.	811	451	1359	601	0	0	463	0	0	0	0	0	0	306	0	0
Cladóceras	Alona sp.	0	0	0	0	616	0	571	11041	0	0	278	5126	118	153	0	421
Cladóceras	Ceriodaphnia sp2	0	0	0	0	6032	16619	26523	2322	0	0	0	0	112	117	0	0
Copépodos	Mesocyclops sp.	1352	961	2053	1325	6586	2604	6415	17192	3202	17426	8940	25632	24111	7010	1643	6166
Protozoos	Arcella discoides	270	0	453	5410	0	0	925	3878	915	1286	0	6842	0	117	1375	501
Protozoos	Arcella gibbosa	0	0	0	601	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protozoos	Centropyxis Aculeata	0	451	0	2049	0	0	0	766	0	0	262	5866	0	0	802	0
Protozoos	Arcella sp. dentata	0	0	0	2172	0	0	0	1581	0	0	0	4890	0	0	0	251
Protozoos	Diffugia sp.	811	0	0	0	0	0	0	0	0	0	262	0	0	0	0	0
Protozoos	Euglypha sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	457	0	0	1222	0	0	0	0
Protozoos	Thuricola sp	0	0	0	0	677	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protozoos	Actinosphaerum sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2928	0	0	0	0
Rotíferas	Polyarthra sp	0	0	0	601	4709	4025	8790	0	457	2105	5513	3667	19227	2259	229	0
Rotíferas	Brachionus quadridentatus	1892	225	1812	724	0	284	571	8645	915	12163	44223	12451	8695	8305	802	251
Rotíferas	Monostyla sp.	0	0	0	0	0	0	0	766	457	0	262	1222	0	0	0	0
Rotíferas	Notommata sp	0	0	1232	0	0	0	0	0	457	0	0	0	0	0	0	0
Rotíferas	Testudinella patina	15950	6985	15858	2405	308	568	1141	3063	1830	12631	31492	7571	5161	3068	719	1273
Rotíferas	Rotaria sp.	0	0	0	24195	0	0	0	3063	0	0	278	25662	2239	1359	0	2507
Rotíferas	Colurella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotíferas	Rotaria sp2	0	0	0	0	339	0	0	0	0	0	262	976	0	0	0	0
Rotíferas	Filinia sp.	0	0	0	0	0	0	0	7904	0	0	0	1222	0	0	0	0
Rotíferas	Trichotria sp.	0	0	0	0	0	0	0	766	0	0	0	0	0	0	0	1674
Rotíferas	Monostyla sp2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotíferas	Lepadella sp.	0	0	0	724	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotíferas	Hexarthra sp.	0	0	0	0	339	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotíferas	Brachionus rubens	0	0	0	0	0	0	0	2322	0	0	524	3667	0	0	0	0
Rotíferas	Brachionus sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotíferas	Asplanchna sp.	0	0	0	601	0	0	0	0	0	0	4974	0	0	0	0	0
Rotíferas	Clathrulina sp.	0	0	906	13827	0	0	0	0	0	0	0	3667	118	0	122	0
Rotíferas	Brachionus sp2	0	0	0	11435	0	0	0	0	0	0	0	47429	112	0	0	0
Rotíferas	Lecane sp.	0	0	0	601	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153	115	0
Rotíferas	Cephalodella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	976	0	0	0	0

Anexo 10. Registro fotográfico de algunas especies reportadas en este estudio, imágenes obtenidas por el autor.

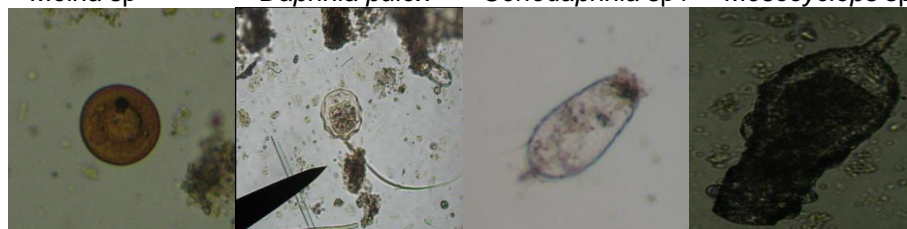


*Moina* sp

*Daphnia pulex*

*Ceriodaphnia* sp1

*Mesocyclops* sp

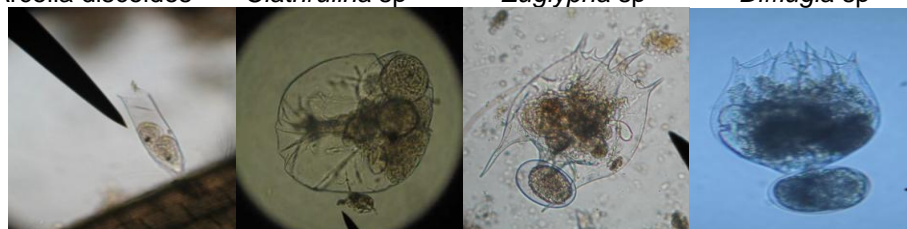


*Arcella discoides*

*Clathrulina* sp

*Euglypha* sp

*Diffugia* sp



*Thuricola* sp

*Asplanchna* sp

*Brachionus quadridentatus*

*Brachionus rubens*

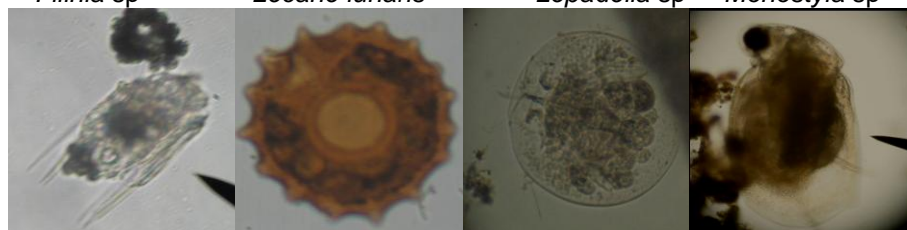


*Filinia* sp

*Lecane lunaris*

*Lepadella* sp

*Monostyla* sp

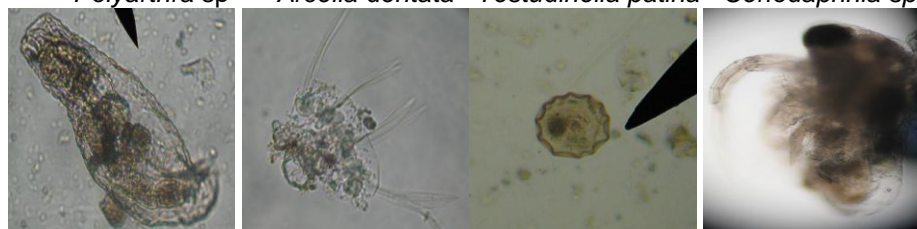


*Polyarthra* sp

*Arcella dentata*

*Testudinella patina*

*Ceriodaphnia* sp2



*Notommata* spm

*Hexarthra* sp

*Arcella gibbosa*

*Moina* sp